MANUAL

DE CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERIA,

POR

DON P. C. ESPINOSA,

Ingeniero Jefe de primera clase de Caminos, Canales y Puertos.

MADRID: 1859.

Imprenta á cargo de Severiano Baz, Arco de Santa María, núm. 39.

ADVERTENCIAS.

Tiene por objeto este *Manual* el resumir las doctrinas, observaciones y datos que se incluyen en diversos escritos, y otros que hemos procurado adquirir.

Para que sea esencialmente práctico, se han descartado las fórmulas y consideraciones que pertenecen á la mecánica y estereotomía, y aunque se incluyen ciertos análisis químicos, hemos creido conveniente el conservarlos, por estar íntimamente ligados con las otras materias.

En la primera, segunda, tercera y cuarta parte se trata de los materiales que se emplean en las construcciones de *albañilería*, y de otros accesorios que conviene conocer, y en la quinta de sus combinaciones y aplicacion. Se adiciona con dos apéndices, uno esencial para formar los presupuestos de obra, y el otro para conocimiento de voces técnicas.

Además de los escritos consultados que indica la nota estractada á continuacion, se insertan varios datos que nos han sido suministrados, y observaciones de esperiencia propia que creemos de interés, en particular los relativos á las cales hidráulicas de España.

ESCRITOS CONSULTADOS.

FRANCESES Y BELGAS.

Obras y artículos publicados por Vicat sobre cales, cementos, puzolanas, etc., desde 1828 á 1859.—Petot, Investigaciones sobre la fabricacion de cales.—Treussart, Memoria sobre morteros.—Pelouce, Arte del calero y fabricante de ladrillos.—Berthault Ducreux, Teoria y práctica de morteros.—Girard de Candemberg, Noticia sobre los morteros hidráulicos.—Hassenfratz, Tratado del arte de calcinar las piedras calizas y fabricar morteros.—Courtois, Investigaciones sobre las cales y morteros.—Raucourt, Arte de fabricar morteros.—Freussart, Fabricacion de morteros.—Lepere, sus Memorias sobre las puzolanas.—Lafaye, Investigaciones sobre la preparacion que los romanos daban á la cal.—Lebrun, Arte de construir con hormigon.—Clere, Ensayo práctico sobre la fabricacion de ladrillos.—Brongniart, Tratado de artes cerámicas.—Tratados de construccion de Rondel-Sganzin, Borgnis.—Demanel.—Tratados de química de Regnault y de Pelouce y Fremy.—Diccionario de artes y manufacturas.—Claudel y Larroque, Arte de construir albañilería.—Eck, Fabricacion de ladrillos huecos.—Memorias de la sociedad de ingenieros civiles de Francia y de la academia de ciencias de Paris.—Boletin de la sociedad de Fomento de la industria francesa.—Publicacion industrial y genio industrial.—Anales de puentes y calzadas.—Idem, de construccion.—Tecnologista.—Privilegios de invencion.—Enciclopedia Roret, Manuales del calero y fabricacion de ladrillos.—Boletin del Museo de la industria francesa.—Anales de obras públicas de Bélgica.—Mignard, Guia del constructor.—Hugenet, Asfaltos.—Revista de arquitectura y obras públicas.

INGLESES Y AMERICANOS.

Milgton, Tratado de construccion.—Periódicos, el Ingeniero; Ingeniero y Arquitecto; El Constructor científico de los Estados-Unidos.—Privilegios de invencion de Inglaterra.—Idem, Estados-Unidos.—Dobson, Manual de construccion.—Idem, fabricacion de ladrillos y tejas.

ESPAÑOLES.

Bails, Arquitectura.—Carrillo Albornoz, Prontuario de arquitectura.—Bails, Vocabulario de arquitectura.—Matallana, idem.—Revista de obras públicas.—Memorial de ingenieros militares.—Lecciones de Calvo.

ERRATAS PRINCIPALES.

En la lista de escritores consultados donde dice; Freussart, léase Treussart: Roudel, Roudelet: Demalset, Demanet.

Pág.	Linea.	Dice.	Léase.
10	37	remedio	residuo
23	32	refractorios	refractarios
28	8	*a' b*	*a' b'*
28	9	*p p*	*P P*
28	9	de las toloas	de las tolvas *h u*
29	40	el calor	el color
40	9	el horno *o o*	abriendo la corredera *o o*
40	39	*p g q r*	*p q r*
51	4	entran	entra
52	22	haga	haya
65	25 y 26	que la mejor calidad de una puzolana	Que la mejor puzolana
68	26	pasta puzolana	Pasta puzolánica
74	31	cemento indicado	cemento de Guipúzcoa
79	11	cuando el mortero	cuando el hormigon
81	15	hacérselo	hacerse solo
81	30	de punetes	de puentes
91	19	la operacion	la mezcla
91	40	un efecto	un defecto
92	22	en caso	en cada caso
100	al márgen	fuerza de cohesion y de adhesion	fuerza de cohesion
115	21	en que puedan	que puedan
135	2	del de las cales	de las cales
140	6	de las Antillas	de Antilla
158	15	calentada	calentado
174	4	la potasa	la pasta
179	34	figura 95	figura 93
179	36	figuras 95, 96 y 97	figuras 94, 95 y 96
181	1	ormas	formas

184	5	ó calcium de calcina	ó cloruro de calcium
185	16	centímetros cuadrados	centímetros de lado
185	23	75	0,75
186	30	semicilíndricas es un caño	forman un medio cono como un caño
187	36	Enry	Emy
188	5	Cádiz	Córdoba
188	26	hacerlos	hacerla
199	17	*c* puerta	*e* puerta
208	12	escenas	escamas
216	6	*b* es	*f* es
219	37	de haber	despues de haber
227	27	piston	piñon
243	4	Homigon.—Coignet	Homigon Coignet
261	12	para estos	para esto
266	21	fojas	fajas
266	29	combinándose	ó combinándose
269	21	de ellas	de estos
272	29	1236	133 *b*
274	14	arco	arcos
275	12 y 13	fijados en *a b*	fijados en *a b* y *H*
276	25	esta clase	de esta clase
277	10	*e d*	*g d*
278	29	y los cañones	ó cañones
279	21	cafio	caño
281	10	*c a g*	*c a j*
289	7	michinales	mechinales
289	21 y 22	se dejan dos meses	se dejan dos meses las cimbras
289	30	Estereotonia	Estereotomia
291	30	la nueva mampostería	esta
292	38	su cemento	en cemento
295	14	sobre las maestras	sobre ellas
295	41	se bruñe	se alisa
295	42	se bruñe	se iguala
296	14	con otra	con otra nueva
296	28 y 29	tendido	tundido
297	36 y 37	pintado	pintando
302	20	interiores	inferiores
303	31	para agarre	para que agarre
305	20	las empizarradas	las pizarras
306	3	revestirla	revestirlas

307	6	tamizan	tomizan
308	10	barillas	varillas
308	17	y en esta sirve de cubierta;	y en esta cubierta,
308	22	de ellos	de ellas
308	35	michinales	mechinales
311	27	agotamentos	agotamientos
313	18	para recoger	sirve para recoger
314	29	verticales	verticales ó inclinados
315	márgen	Borriquetes ó caballetes.	Asnillos ó caballetes
315	40	sostenidos	sostenido
329	30	revertimentos	revestimentos
339	33	gramitado	gramilado
339	42	de mampostería	de la mampostería
342	41 y 42	que se marca	cuando se marca

Figuras 23 y 24 falta *h n* en las tolvas.

INDICE DE MATERIAS.

MATERIALES QUE SE EMPLEAN EN LAS OBRAS DE ALBAÑILERIA Y SUS APLICACIONES.

PRIMERA PARTE.

Cales.—Arenas.—Puzolanas.—Morteros.—Hormigones.

Páginas.

INDICE DE FIGURAS.

LAMINA 13.

Figuras 251, 252, 253, bóvedas oblícuas de ladrillo.—256, 257, 258, arco cónico de ladrillo.—259, 260, bóveda esférica de ladrillo.—261, nicho de ladrillo.—262, bóveda anular de ladrillo.—263, 264, 265, 266, bóvedas de ladrillo sin cimbra.—267, 268, bóvedas oblícuas de mampostería.—269, 270, mampostería mista.—271, 272, 273, construccion de tapiales.—274 á 286, herramientas de albañilería.—287 á 291, niveles.—292, 293, 294, andamios.

DE LOS MATERIALES QUE SE EMPLEAN EN LA CONSTRUCCION DE OBRAS DE ALBAÑILERIA Y DE SUS APLICACIONES.

PRIMERA PARTE.

Cales.—Arenas.—Puzolanas.—Morteros.—Hormigones.

PRIMERA SECCION.

CALES.

Ideas generales.—Clasificacion y análisis.

ENTRE los materiales que se emplean en la construccion de las obras de albañilería, ocupan las cales un lugar muy importante; son un auxiliar indispensable para unir las diversas partes que constituyen las mamposterías. Utilidad de las cales.

Puede decirse que los estudios especiales y metódicos relativos á las cales datan desde el año de 1812, en que con tanta constancia é inteligencia los emprendió el distinguido ingeniero francés M. Vicat. Tambien otros constructores y químicos se han ocupado y siguen ocupándose de su estudio haciendo observaciones en los diferentes casos de aplicacion: así es que en la actualidad se tiene un conocimiento bastante exacto de sus propiedades.

En el estudio de las cales, despues de dar á conocer las piedras calizas de que se fabrican aquellas, se tratará de sus propiedades generales, de su clasificacion y de su análisis. Se pasará luego á esplicar las modificaciones que necesitan sufrir dichas piedras calizas para transformarlas en cales, y la preparacion que exigen estas para emplearse en las construcciones. Se tratará tambien de las propieda- Orden adoptado para el estudio de las cales.

des que adquieren despues de empleadas, bien sea al aire libre, en terrenos húmedos, ó sumergidas en agua dulce ó de mar; y por último, sus combinaciones ó mezcla con otros materiales.

Cómo se consideran actualmente las cales.

Se considera actualmente la cal, no como un cuerpo simple segun antes se verificaba, sino como un óxido metálico á que se da el nombre de *óxido de calcium*, y que en combinacion con el *ácido carbónico* forma el *carbonato calizo* en su estado mas puro y antes de sufrir la calcinacion, ó sea la accion del fuego.

Las calizas suelen contener mezclas ó combinaciones de otras sustancias, como la sílice, alúmina, magnesia, óxido de hierro, manganeso, etc. En general se da el nombre de piedra caliza á las rocas que contienen desde 50 por 100 de carbonato calizo.

Variedades de las piedras calizas.

Las principales variedades de las piedras calizas son las siguientes:

Caliza sacaroidea.—Esta caliza es la mas pura y blanca, así es que se prefiere para las obras de escultura. La mejor se esplota en Italia, en Carrara y Génova; su fractura forma un grano cristalino como el de azúcar.

Caliza magnesiana ó *dolomía.*—Recibe este ultimo nombre cuando las proporciones de la cal y de la magnesia vienen á ser iguales ó aproximadamente iguales. Su color es generalmente el blanquecino ó amarillento claro. Se compone de pequeños cristales de forma romboidea formando grupos; suele tambien presentar la testura granuda, distinguiéndose en este caso de la arenisca por su brillo nacarado.

Caliza fétida.—Esta caliza de testura compacta está combinada con betun, el cual la comunica el olor que produce.

Caliza oolítica.—Compuesta de granos redondos y de restos de cuerpos orgánicos. Estos granos son aproximadamente del tamaño de una cabeza de alfiler comun. Cuando son mayores recibe el nombre de caliza *pisolítica*. Generalmente no es conveniente para hacer cal por las mezclas que contiene. Esta roca suele ser abundante y se presenta en el terreno en forma de agujas; tiene ciertas propiedades especiales de que trataremos á su tiempo.

Calizas margosas.—Vienen á formar el tránsito de las calizas puras á las margas arcillosas. Su fractura es terrosa; esta variedad produce las cales *hidráulicas*, pues están compuestas de cal y de arcilla.

La *creta* es una caliza blanca terrosa y deleznable, muy útil para fabricar cales hidráulicas artificiales.

Tobas calizas.—Formadas por depósitos calizos de ciertas aguas minerales. Estas rocas son muy porosas y poco resistentes cuando

se estraen de la cantera; sin embargo, despues de espuestas al aire adquieren consistencia y endurecen regularmente.

Ademas de las piedras calizas que forman la cal carbonatada, se encuentra tambien esta formando parte de seres orgánicos: asi es que se fabrican cales calcinando conchas.

Para reconocer si una piedra es caliza, sirve la propiedad que estas tienen de disolverse en los ácidos haciendo efervescencia. Se echan algunas gotas de ácido nítrico (agua fuerte), ó sulfúrico (aceite de vitriolo) ù otro cualquiera sobre la piedra que se quiera reconocer, y se ve si produce efervescencia. Hay algunas calizas muy cargadas de arcilla como sucede con ciertos cementos en que apenas es perceptible este efecto. Las piedras calizas pueden rayarse con el hierro. Medios de reconocer si una piedra es caliza.

Clasificaremos las cales en general siguiendo el método de Vicat que creemos el mas conveniente, en Clasificacion de las cales.

Cales comunes ó grasas.
— áridas.
— medianamente hidráulicas.
— hidráulicas.
— eminentemente hidráulicas.
Cemento limite inferior.
— medio ó comun.
— limite superior.
— tipo donde empiezan las puzolanas.

La cal comun ó grasa es aquella, que apagada por el método ordinario, que se esplicará en la seccion correspondiente, despues de haber calcinado ó quemado la piedra caliza, aumenta considerablemente de volúmen, á veces hasta el doble ó mas del primitivo, ó segun se espresa en la práctica *hincha mucho*. Cal comun ó grasa.

Al apagarse produce un sonido semejante al que tiene lugar cuando se introduce un hierro candente en el agua y desprende gran cantidad de vapores y de calor, el cual es capaz de hacer entrar el agua en ebullicion. Se deshace al apagarse y forma pasta blanca. Segun Vicat, cuando se solidifica al aire libre absorve 74 partes de ácido carbónico y retiene 17 de agua. Se llama grasa por tener cierta untuosidad al tacto despues de reducida á pasta.

Reducida la cal grasa á pasta consistente y sumergida esta en agua, no endurece; por el contrario, se disuelve cuando se remueve ó agita; tampoco endurece en sitios privados de aire. Esta clase de cal proviene de las calizas puras y tambien de aquellas que contienen mezclas accidentales, bien sea de las que se tienen por inertes, ó bien

de aquellas que constituyen la hidraulicidad como la sílice y alúmina; pero cuya proporcion no escede de un seis por ciento del peso total. Cuando es muy pura esta cal presenta un color blanco; cuando contiene mezclas accidentales un amarillento débil ó gris claro.

Cal arida. La cal árida es aquella que apagada aumenta muy poco ó nada de volúmen y no endurece sumergida en el agua; sin embargo, no se disuelve totalmente como la cal grasa pura; el residuo que deja no tiene consistencia. Las calizas que producen esta cal, contienen sílice en estado de arena, magnesia, óxidos de hierro y de manganeso en proporciones variables; por consiguiente no existe la arcilla, pues falta uno de los componentes de ella. La magnesia es una de las causas que principalmente constituye la falta de cohesion de estas cales; su color es moreno. Produce en menor escala los fenómenos indicados para las cales grasas al apagarse y no es tan suave al tacto. Algunos han adoptado el nombre de cal magra de *maigre* con que se distingue en Francia.

Cal medianamente hidraulica. La cal medianamente hidráulica es la que apagada y sumergida despues *fragua* (1) de los quince á los veinte dias, y continúa endureciendo aunque lentamente. Al cabo de un año adquiere una consistencia comparable á la del jabon seco. Al apagarse aumenta su volúmen; pero en menor escala que la cal grasa. Las calizas que producen esta cal, contienen arcilla y á veces magnesia, hierro y manganeso en proporciones variables de un *ocho* á un *doce* por ciento, faltando á veces estos componentes escepto la arcilla, ó interviniendo dos de ellos, tres, etc.

Despues de calcinadas estas calizas, contienen 100 de cal cáustica y 22 de arcilla combinada.

Cal hidráulica. La cal hidráulica aumenta poco de volúmen al apagarse, y sumergida fragua de los seis á los ocho dias, continuando el endurecimiento hasta un año próximamente en que ha adquirido el de una piedra tierna. Las calizas de que proviene esta cal, contienen arcilla y á veces magnesia y óxido de hierro en la proporcion de *trece* á *diez y siete* por ciento; la sílice siempre es preponderante, los demas componentes escepto la alúmina suelen faltar. Despues de calcinada contiene 100 de cal cáustica y 36 de arcilla combinada.

Cal eminentemente hidráulica. La cal eminentemente hidráulica aumenta muy poco de volúmen al apagarse, fragua del segundo al cuarto dia de sumergida; al mes está ya dura é indisoluble; á los seis meses tiene la consistencia de piedra caliza absorvente y salta por la accion del martillo, presen-

(1) Al tratar de los ensayos de las cales, se dirá qué se entiende por fraguado.

tando una fractura escamosa. Contienen las calizas de que se fabrica esta cal, las sustancias de las anteriores en la proporcion hasta de un *veinte* por ciento en *la totalidad*, dominando la sílice hasta formar á veces mas de la mitad de la combinacion; otras no interviene el manganeso y magnesia. Despues de calcinadas, su composicion es de 100 de cal cáustica y 44 de arcilla combinada.

Cuando contiene la piedra caliza del 20 al 25 de arcilla forma la cal *límite*, se apaga con mucha dificultad aun recien calcinada, y hay que tratarla como los cementos segun se indicará. Al emplearla suele fraguar con prontitud; pero despues de esto pierde energía, endureciendo á veces menos que una cal débilmente hidráulica; debe usarse con precaucion, pues puede ser perjudicial como veremos luego. Cal límite.

Despues de la calcinacion contiene 100 de cal cáustica y 53 de arcilla combinada.

Contiene la caliza que produce el cemento límite inferior un veinte y siete de arcilla apróximadamente; fragua á los 15 ó 20 minutos de sumergido y á veces en menos tiempo, continuando en progresion el endurecimiento, y al cabo de diez meses suele tener la consistencia del ladrillo cocido; no se apaga como las demás cales; es preciso pulverizarle despues de cocido y amasarle como el yeso. Cemento límite inferior.

Despues de la calcinacion contiene 100 de cal cáustica y 65 de arcilla combinada.

El cemento llamado medio contiene hasta un *treinta y seis por ciento* de arcilla, fragua con mucha prontitud sumergido en el agua. Cemento medio.

Despues de la calcinacion contiene 100 de cal cáustica y 100 de arcilla combinada.

El cemento límite superior contiene hasta *sesenta y cinco* por ciento de arcilla, y se considera como el tipo en donde empiezan las puzolanas. Cemento límite superior.

Despues de la calcinacion contiene 100 de cal cáustica y 273 de arcilla combinada.

Estos son los tipos alrededor de los cuales pueden considerarse agrupadas con cortas escepciones las diferentes clases de cales. Podrá hacerlos variar hasta cierto punto, el que dominen en ellos los óxidos de hierro, magnesia, etc. en grandes proporciones; pero esto no implica para que en la clasificacion general se espresen segun se ha indicado.

La propiedad que tienen ciertas cales de endurecer en el agua ó su *hidraulicidad*, se atribuia antes de verificar Vicat los estudios ya citados, á su combinacion con los óxidos metálicos, como el de hierro Opiniones sobre la hidraulicidad de las cales.

y el de manganeso. Sin embargo, Saussure habia indicado podria provenir de la presencia de la sílice y de la alúmina.

Treussart creia que la potasa, la sosa y los carbonatos de esta sustancia producian hidraulicidad, y cita varios esperimentos en los cuales mezcladas estas sustancias con cal, produjeron morteros que endurecian en el agua á las 36, 48 y mas horas; pero no se sabe si este endurecimiento era subsistente, ni tampoco cual fuese la composicion de la caliza de que provenia la cal.

Berthier verificó esperimentos combinando sílice con la cal, y obtuvo propiedades hidráulicas; pero no se verificaba esta circunstancia combinando solo la alúmina con la cal. Con la magnesia y el óxido de hierro solo obtuvo cales áridas.

Bergmann y Guyton creian que el óxido de manganeso hacía adquirir propiedades hidráulicas á la cal; fiándose en esta opinion, se construyeron en Suecia algunas obras hidráulicas, empleando morteros compuestos con aquella materia; pero no resistieron á la accion de las aguas y se destruyeron.

Minard dice tambien que todas las piedras calizas pueden adquirir hidraulicidad por una calcinacion lenta é incompleta, y Denis hace depender esta propiedad del sistema que se emplee para apagar la cal.

Los esperimentos de Vicat, sus análisis y los de Berthier han demostrado que la sílice y alúmina son los elementos que constituyen principalmente la hidraulicidad de las cales (1). Estas sustancias se combinan íntimamente por la calcinacion; sin la sílice no puede haber hidraulicidad.

El peróxido de hierro, el manganeso, el cuarzo al estado de arena son sustancias inertes.

Segun Vicat, las calizas que contienen independientemente de cierta cantidad de arcilla carbonato de magnesia, si las proporciones son 20 á 25 partes de este carbonato por 10 á 14 de arcilla y 65 á 66 de carbonato de cal, pueden obtenerse de ellas por la calcinacion escelentes cales hidráulicas que toman el nombre de *cales magnesianas* y que no deben confundirse con las cales *dolomíticas* que provienen de las dolomías propiamente dichas y que no contienen *sílice* ni *alúmina*, y por consiguiente no son hidráulicas.

Respecto de la magnesia y el óxido de hierro, se verá nuevamente la influencia que pueden ejercer al tratar del empleo de los morteros en el agua de mar.

(1) La alúmina contribuye en su combinacion con la sílice á formar la gelatina y combinacion mas íntima, y evitar el endurecimiento demasiado rápido.

Se dice que ha fraguado la cal cuando resiste á la presion ejercida con el dedo el *hidrato* ó pasta; para mas exactitud se ha establecido el tomar como medida del *fraguado* el que pueda resistir sin hendirse al peso de una varilla de hierro cuadrada en un estremo de 12 milímetros, y cargada en la parte superior con un peso de 0,80 kilógramos. Fraguado de la cal.

Debe atenderse en los ensayos principalmente á la dureza adquirida al cabo de un tiempo dado; pues á veces cales que fraguan mas pronto que otras, no llegan despues de pasado cierto tiempo á adquirir la dureza de ellas. Un esceso de alúmina en las cales hidráulicas acelera al principio el endurecimiento y el esceso de silice le retrasa; pero le adquiere luego con ventaja. El tiempo necesario para fraguar es menor en verano que en invierno; depende tambien de la cantidad de agua empleada en el hidrato, del tiempo que el cemento ó cal haya estado al aire, etc.

El color, testura y demás caracteres físicos de las piedras calizas no dan á conocer con certeza su calidad; sin embargo, Vicat indica que entre las calizas de mediana dureza, de color gris, ceniciento, verdoso ó azulado, se encuentran con frecuencia las combinaciones de arcilla que constituyen las cales hidraulicas, circunstancia que hemos tenido lugar de observar en las calizas analizadas de las provincias de Vizcaya, Alava, Guipúzcoa y otros puntos. Caracteres físicos de las piedras calizas.

Para conocer la verdadera calidad hay que verificar ensayos prácticos, ó análisis químicos, ó ambas cosas.

Si se quiere ensayar la calidad de una caliza prácticamente, se reduce á fragmentos del tamaño de una nuez, ó algo mayores y se calcinan estos en una vasija de barro agujereada; para esto puede colocarse en la parte superior de un horno de cocer cal ó ladrillo. Suele bastar 15 ó 20 horas para esta operacion. Ensayos prácticos.

Cuando se trate de hacer esperiencias mas en grande, la cal puede calcinarse por el método comun.

Para que no se desvirtúe la cal, debe empezarse el esperimento asi que se ha calcinado, sinó se guardan los trozos en una vasija cerrada.

Se elige la cal que ha salido bien cocida, y se apaga por el método llamado de *inmersion* de que se tratará en el lugar correspondiente, y dejándola escurrir, se echa en un almirez de piedra ó de hierro.

Así que se nota empieza á henderse la cal, se va vertiendo agua en corta cantidad por los bordes del almirez, removiendo con una espátula y añadiendo sucesivamente agua; pero es preciso verificarlo con precaucion, para que la masa resulte de consistencia como de

una pella de arcilla y no se convierta en lechada, pues en este caso hay que repetir la operacion. Despues se deja reposar la pasta, hasta que se enfrie, se echa en un vaso hasta los dos tercios de él, concluyendo de llenarle con agua; se tapa en seguida dejándola en reposo, y se observa el tiempo que tarda en fraguar y endurecer, clasificándola segun se indicó antes.

Los cementos que se ha visto no pueden apagarse como las demás cales, se pulverizan despues de cocidos, y se amasan como el yeso para sumergirlos.

Hay veces que en una misma cantera y aun en una capa misma de piedra se encuentran cales de distintas calidades, lo cual hemoa tenido ocasion de observar en varias canteras de la costa cantábrica que producen en una misma capa cales hidráulieas de diversos grados y cementos. Por esta razon, cuando se hagan ensayos, es preciso verificarlo con diferentes muestras de una misma cantera. Es tambien necesario tener presente que en ciertos casos se creerá hay contradiccion en los resultados obtenidos por otros observadores; siendo así que las diferencias que resulten, pueden provenir de causas que no han sido bien estudiadas. Por ejemplo, la diferencia de hidraulicidad que se encuentra entre cales ó mezclas que se creian de igual calidad, podrá provenir de la combinacion con algunas otras materias ó del grado de calcinacion, del método de apagar la cal ú otras causas que no se tengan bien presentes.

En prueba de lo espuesto indica Vicat en su memoria de 1840 (1) que algunos esperimentos pueden no estar de acuerdo, sea porque baste cierto esceso en la cantidad de ácido carbónico que contenga una caliza arcillosa para alterar su energía, y tambien el que se haya prolongado la manipulacion mas de lo necesario ó empleado esceso de agua, lo cual hace variar mucho el tiempo que tarda en fraguar una cal.

Por esto conviene examinar en los ensayos el grado de dureza adquirida al cabo de un tiempo dado, mas bien que el tiempo que tarda en fraguar la cal, para convencerse del partido que puede sacarse de ella; pero esto ofrece el inconveniente de que exige empezar los ensayos mucho tiempo antes de emprender las obras, lo cual no siempre puede hacerse.

Vicat aconseja que para ver el grado de dureza y cohesion que puede adquirir una buena mezcla hidráulica, se coloquen las pastas

(1) Investigaciones sobre las propiedades que pueden adquirir las piedras que producen los cementos y cales hidráulicas por una calcinacion incompleta.

de ensayo en suelo húmedo, pero no encharcado, bien sea en arena ó enterradas. Tambien puede dejarse al aire libre y húmedo, sin esponerle á las heladas.

Para ensayar los cementos es preciso verificarlo con diferentes dósis de arena, y esto debe hacerse tambien cuando se trate de comparar distintas clases. Respecto de las cantidades variarán para cada caso, y es preciso en los ensayos imitar exactamente las circunstancias de consistencia, disposicion, etc. en que haya de emplearse. Esperimentos con los cementos.

Los cementos presentan algunas particularidades notables, pues los hay cuya cohesion á las veinte y cuatro horas de amasados es mayor que á los quince dias, siguiendo despues progresando el endurecimiento naturalmente. En otros empieza el endurecimiento desde el centro á la superficie ó viceversa, y en este concepto podria conducir á error el juzgarlos por la dureza superficial.

Deben ensayarse los cementos calcinándolos con diversos combustibles y distintos grados de calcinacion é intensidad de fuego á llama y por capas, segun se esplicará.

En general debe tenerse cuidado para cualquiera caliza que se quiera ensayar, de que los fragmentos ó muestras sean cogidos á bastante profundidad del terreno para que la roca no esté alterada.

Establecida la clasificacion de las cales y esplicado el medio de verificar los ensayos prácticos para cerciorarse al emplearlas en obras hidráulicas cual es su calidad, resta esplicar los medios para obtener por el análisis químico la clase y cantidad de las sustancias que contiene la piedra caliza. Espondremos varios modos de verificarlo. Análisis de las piedras calizas.

Regnautd indica en su tratado de química varios métodos de análisis que son los siguientes: Varios métodos empleados por Regnautd para el analisis.

Primero. Para saber la cantidad de ácido carbónico y de agua que contiene la caliza. Se calcina al calor fuerte blanco, en crisol de platina una corta cantidad de caliza reducida á pequeños fragmentos; la pérdida de peso p representa el ácido carbónico y el agua evaporada que contenia la piedra.

Segundo. Para obtener la arcilla y demás sustancias. Se toma 1,5 hectógramas que llamaremos P de caliza sin calcinar, reducida á polvo fino, se disuelve en ácido hidroclórico débil (ácido clorhidrico ó ácido muriático). Los carbonatos de cal y de magnesia y los óxidos metálicos se disuelven; se filtran y queda solo en el filtro la arcilla ó arena cuarzosa, si existian en la caliza; se lava sobre el mismo filtro el residuo, echando un poco de agua caliente y se cal-

cina. El peso p' que se obtenga, representa la cantidad de arcilla. Es fácil reconocer en el aspecto, si este residuo está compuesto solo de arcilla, pues forma entonces un polvo ligero, suave al tacto, ó si contiene granos de cuarzo, lo que se reconoce fácilmente tambien al tacto por ser mas áspero; se puede separar este polvo por decantacion. La disolucion clorhídrica se reune á las aguas del lavado, y evaporado á calor suave para espeler el esceso de ácido, se echa algo de agua y se vierte el licor en un frasco como de dos litros, acabando de llenarle con agua de cal; se tapa bien, se revuelve y luego se deja reposar; los óxidos de hierro manganeso y la magnesia se precipitan. El licor claro que resulta, se decanta con sifon despues de haberse asegurado que presenta una reaccion alcalina pronunciada, lo que prueba que se ha empleado un esceso de agua de cal. El precipitado se recoge muy pronto sobre un filtro, se lava y se calcina.

Generalmente cuando no se quiere una gran exactitud, se determina solo el peso p'' de este precipitado, y por el color se juzga si está formado principalmente de magnesia ó de hidrato de sesquióxido ó peróxido de hierro (1), si se resta p' del peso $(P-p)$, la diferencia $(P-p-p')$ representa el peso de la cal (2).

Si se quiere mas exactitud, hay que separar del precipitado producido por el agua de cal, los óxidos de hierro y de manganeso, la magnesia, y ademas algo de alúmina que puede provenir de que la arcilla de la cal ha sido algo atacada por el ácido clorhídrico, si se ha empleado este muy concentrado. Para evitar esto, se disuelve el precipitado en ácido clorhidrico, y en este licor se echa un ligero esceso de amoniaco; la cantidad de sal amoniacal que se forma por la saturacion, es suficiente para impedir el precipitado, y solo el óxido de hierro y la alúmina se precipitan, los cuales se recogen en un filtro.

Para separar el óxido de hierro y la alúmina, se echa al momento sobre el filtro unas gotas de ácido clorhídrico debilitado con agua, y despues en el licor que resulta, algo de potasa cáustica que precipita el hidrato de peróxido de hierro y disuelve la alúmina. El peróxido de hierro debe lavarse bien con agua cociendo, porque re-

(1) Rojo de Inglaterra.—Azafran de Marte.—Azafran aperitivo; forman un remedio áspero y coloreado.

(2) La sílice es una sustancia blanca harinosa, sin sabor.
La alúmina es blanca pulverulenta, muy dura en el estado cristalino, suave al tacto.
La magnesia forma un polvo blanco muy ligero y suave.

tiene una corta cantidad de potasa; y en cuanto al licor alcalino que contiene la alúmina, se la satura con ácido hidroclórico y se precipita en caliente la alúmina por medio del carbonato ó del hidrosulfato de amoniaco.

Para separar la magnesia y el óxido de manganeso, se echa en la disolucion que los contiene un poco de hidrosulfato de amoniaco que precipite el sulfuro de manganeso, y despues de separar este sulfuro se echa sulfato de amoniaco magnesiano.

El análisis de la caliza magnesiana puede hacerse de otro modo, dosando directamente la cal, en vez de determinarla por diferencia, como en el método anterior.

Para esto se disuelve la caliza en el ácido clorhídrico debil; se separa la arcilla insoluble, y se satura el licor con amoniaco, que precipita el peróxido de hierro y la alúmina; pero no precipita la magnesia ni el óxido de manganeso, porque el licor contiene muchas sales amoniacales; se deja reposar el precipitado teniendo el vaso cerrado, se decanta el licor y se recoge dicho precipitado sobre un filtro. Es necesario proceder rápidamente para evitar que el amoniaco absorva ácido carbónico del aire y precipite el carbonato de cal. En el licor filtrado se echa oxalato de amoniaco, que da un precipitado de oxalato de cal; y no precipita la magnesia á causa de las sales amoniacales que existen en la disolucion. El óxido de manganeso y la magnesia se van separando sucesivamente como se indicó en el método anterior.

En este análisis de Regnautl no está indicado el medio de obtenerse la separacion de la sílice y alúmina que contenga la arcilla que se estrajo en la primera operacion; para esto hay que atacarla por la potasa cáustica en peso próximamente triple de la arcilla, ó bien por el carbonato de potasa, lo cual se verifica del modo siguiente: Complemento del método anterior.

En un crisol de plata se hace una pasta con la arcilla y potasa; se calienta con precaucion para que se evapore el agua, y cuando se ha verificado suficientemente, se aumenta la temperatura hasta el color rojo, pero de modo que no llegue á la que fundiria el crisol; la masa se fundirá, se tendrá así un cuarto de hora, y se dejará enfriar luego. Se disuelve todo en el ácido hidroclórico, lo que producirá un licor limpio sin precipitado; este se evapora lentamente para descomponer el hidroclorato de alúmina, hasta que seque perfectamente en una cápsula de porcelana, removiendo frecuentemente con una varilla de vidrio, y se cesa en la operacion cuando no se desprende mas ácido. En la disolucion queda la alúmina y potasa, y para precipitar la primera se emplea el amoniaco.

Métodos de Berthier.

Para completar lo espuesto sobre el análisis de las cales, espondremos los métodos seguidos por Berthier para este objeto, cuyos principios son análogos en todos los análisis.

Primer método.—Reducida á polvo la caliza, se echa en una botella con ácido nítrico puro, para que el hierro que pueda contener llegue al grado máximo de oxidacion; si la cal domina, se efectúa rápidamente en frio; si abunda la magnesia, hay que ayudar la accion del ácido por un calor suave, y lo mismo se verifica cuando se trata del carbonato de hierro.

Concluida la disolucion, se espele el esceso de ácido evaporándola suavemente hasta casi la sequedad. Se debilita con agua y se echa en el licor carbonato de amoniaco gota á gota, meneando contínuamente hasta decolorar el licor operando con precaucion. El hierro se precipita; solo se calcina este y se pesa. Despues se precipita el manganeso por el hidrosulfato de amoniaco, se filtra el licor y se hace cocer en contacto con el aire hasta que haya perdido el color, para descomponer completamente el esceso de hidrosulfato de amoniaco que puede contener; el azufre se estrae por filtracion.

Despues de esto se precipita la cal por el oxalato de amoniaco, se evapora hasta la sequedad el licor filtrado, calentando el residuo que aparece en la cápsula, en tanto que desprende vapores. Por este medio se descompone la mayor parte del nitrato de amoniaco, sin que resulte ningun peligro, se saca el depósito formado, y echándole en un crisol de platina cuyo peso se conoce, se calienta gradualmente hasta el blanco. Todos los nitratos se descomponen, y no queda en el vaso mas que la magnesia pura.

Segundo método.—En vez de precipitar el manganeso por un hidrosulfato, se puede, despues de haber separado el hierro, añadir inmediatamente á la disolucion oxalato de amoniaco; entonces la mayor parte del manganeso se aposa al estado de oxalato con la cal; pero queda en el licor cierta cantidad mezclada con la magnesia. Se trata en seguida separadamente la cal y magnesia por el ácido nítrico puro y en frio, teniendo cuidado de no emplear sino un pequeño esceso; la cal y magnesia se disuelven, y el residuo es el óxido de manganeso puro; se calcina este, se pesa y se tiene por diferencia el peso de la cal y magnesia. Generalmente no se disuelve el manganeso, pero conviene siempre buscar por medio de un hidrosulfato si existe en el licor. Este es el procedimiento mas recomendado por Berthier.

Procediendo como se ha dicho, la arcilla que contenga la caliza es mas ó menos atacada, de modo que cierta cantidad de alúmina

y una pequeña de sílice pasan disueltas en el licor; estas y el hierro se precipitan por el carbonato de amoniaco, y hay que separarlos tratando el resíduo por el ácido muriático que deja la sílice; el hierro se precipita por un gran esceso de potasa, y la alúmina por el amoniaco.

El peróxido de hierro precipitado por la potasa, se lava dificilmente, es mejor disolverle y precipitarle en seguida por el amoniaco. Despues de haber obtenido de este modo el hierro al estado de peróxido, se busca la cantidad de protóxido (1) que le corresponde.

Si se operase con calizas fáciles de descomponerse, serian mas sencillas las operaciones y se podria emplear ácido nítrico muy debilitado. En este caso no seria atacada la arcilla, y despues de la primera filtracion se añadiria algo de ácido nítrico al licor, para hacer pasar el hierro al máximo de oxidacion.

Cuando el manganeso se ha precipitado por el hidrosulfato de amoniaco, se deja reposar algun tiempo, hasta que todo el precipitado que tiene un color de carne se haya reunido en el fondo, para poder de este modo verificar mas pronto la filtracion. Para lavar el filtro hay que añadir al agua cierta cantidad de hidrosulfato de amoniaco, pues sin esta precaucion la parte del sulfuro pasaria por el papel. Es necesario ademas que el lavado se verifique inmediatamente al filtrado, y se concluya sin interrupcion.

Espuesto al aire el sulfato, absorve rápidamente el óxigeno, pasa al color oscuro y concluye por ponerse negro. No se puede dosar el manganeso al estado de sulfato, hay que disolver este último en el ácido hidroclórico. Para esto se le echa con el filtro en una cápsula, se vierte encima el ácido y se calienta suavemente hasta que el licor no produzca olor de hidrógeno sulfurado; se filtra de nuevo y se precipita el deutóxido de manganeso por el carbonato de potasa, operacion que exije minuciosas precauciones a causa del amoniaco que existe en el licor. Hay que operar al calor de ebullicion, que se prolonga largo tiempo, porque la precipitacion no es completa sino despues de la entera descomposicion de las sales de amoniaco. Se puede añadir poco á poco carbonato de potasa en tanto que se desprende del amoniaco, y reducir todo hasta la sequedad.

El precipitado obtenido es el carbonato de protóxido hidratado, el cual se tuesta en un crisol cubierto y al abrigo del aire, y se obtiene el protóxido que es verde agrisado. Para 0,6234 de protóxido, corresponde 0,3776 de ácido carbónico; si el tostado se hace al aire,

(1) Véase el significado de estos términos en el vocabulario inserto al fin de la obra.

el protóxido absorve el oxígeno, y si se llevase la calcinacion ó tostado hasta el calor blanco, se multiplicaria el peso del residuo por 0,9319 para tener el del protóxido.

El oxalato de cal que se obtiene precipitando por medio del oxalato de amoniaco, se pone en un crisol de platina y se convierte en carbonato por la calcinacion hasta casi el rojo. Despues de pesarle se vuelve á poner en el fuego el crisol, se echa sobre la materia algo de carbonato de amoniaco y se calienta, teniendo cuidado de no elevar la temperatura hasta el grado de descomponer una parte del carbonato de cal que se ha formado, y si por descuido hubiese sucedido, seria preciso saturar la base puesta á descubierto por medio de una nueva adicion de carbonato de amoniaco. Se continúa de este modo hasta que varias pesadas sucesivas den un mismo resultado.

La gran ventaja del procedimiento de Berthier consiste en la determinacion de la magnesia, mas difícil de precipitar que el óxido de manganeso, con el que tiene relaciones íntimas; empleando para esto el ácido nítrico por disolvente en vez del muriático, de que no se podria separar al fin de la operacion.

La cantidad de ácido carbónico que se encontrase combinado con la magnesia obtenida, se determina por la relacion $\frac{107}{100}$

Segun Culmann, el segundo procedimiento es mas sencillo que el primero, porque evita precipitar el manganeso por el hidrosulfato de amoniaco; pero no le parece tan exacto á menos de buscar en las disoluciones nítricas la pequeña cantidad de manganeso que puede haber pasado en aquella.

En el caso que se crea haberse unido al hierro una pequeña cantidad de manganeso, se disolverá en el ácido muriático el residuo calcinado y pesado, y se precipitará el hierro por el muriato de amoniaco; esta operacion debe conducirse con mucho cuidado. Se opera con gran esceso de ácido á fin de que el licor neutralizado por el amoniaco contenga una gran dósis de muriato de amoniaco. En el caso contrario se vierte este último en cantidad suficiente. Para neutralizar en seguida la disolucion, se añade gota á gota el amoniaco estendido con agua hasta que se forme un ligero precipitado de hierro, se remueve y deja reposar el licor para disolver bien los copos que se forman.

Despues de esto se añaden todavía algunas gotas de amoniaco debilitado en agua, y se calienta un poco para disipar el precipitado que empieza á formarse, continuando así hasta que el licor esté perfectamente neutralizado y que una pequeña cantidad de hierro per-

manezca sin poder disolverse. Si se hubiese pasado el punto deseado, se remediaria por una ligera adicion de ácido muriático; pero siempre de modo que se conserve en el licor algunos copos de ácido férrico. Despues se echa el sucinato de amoniaco que da lugar á un precipitado muy abundante de color de canela.

Este sucinato férrico es mucho mas voluminoso que el ácido hidratado que produciria el amoniaco. Si se observan todas las precauciones debidas, no se precipita el manganeso y no queda en el licor ninguna traza de hierro.

El filtro debe lavarse con agua fria, porque la caliente descompone y disuelve algo de sucinato férrico.

El depósito obtenido se calienta al rojo; pero debe tenerse cuidado de que haya sobre el crisol un cuerpo frio para producir una corriente de aire que impida que el carbono del ácido sucínico no reduzca cierta cantidad de óxido de hierro. Cuando se opera sobre pequeñas dósis, en el caso que nos ocupa, este inconveniente no es de temer. Cuando se ha lavado el filtro, se puede echar con abundancia amoniaco disuelto en agua que quite al hierro la mayor parte del ácido sucínico.

En cuanto al licor filtrado, se tratará por el carbonato de potasa, para precipitar el óxido de manganeso, observando las precauciones ya indicadas.

Si no hubiese sucinato, se podrá emplear el carbonato de amoniaco, porque en esta operacion, predominando el hierro sobre el manganeso, suele precipitarse enteramente sin arrastrar á este último.

Los análisis indicados están bastante detallados para poderlos aplicar; sin embargo de que es necesario adquirir cierta práctica y tener conocimientos de química para verificarlos con las precauciones que exigen una gran exactitud.

Por de contado que cuando se tratan carbonatos de cal puros como los que producen las cales comunes, no habrá residuos ó serán en corta cantidad, no habiendo necesidad en este caso mas que de la primera operacion indicada.

En la sociedad filomática de Paris en la sesion de 7 de abril de 1833, se leyó por Mr. Delanocie el método de análisis sencillo empleado por él. Método de analisis de Delanocie.

Dice haberse equivocado algunas veces encontrando magnesia y manganeso en algunas calizas en donde no sospechaba existian estos, y para averiguarlo procedia del modo siguiente.

Se pulveriza la roca y se disuelve un dracma de ella en la menor cantidad posible de agua régia; el esceso de ácido se neutraliza

en caliente, añadiendo un poco de la misma roca en polvo. Se filtra el licor, se lava el filtro y se añade á la mezcla de los licores reunidos, es decir, al primero y al que resulta de las aguas del lavado, agua de cal; el resíduo insoluble en el ácido hace juzgar de la cantidad y naturaleza de la porcion arenácea de la roca. Neutralizando el licor ácido con la roca en polvo, se precipita el hierro y la alúmina si existen. El empleo del agua régia hace precipitar el hierro, el cual se puede valuar aproximadamente. Si no hay magnesia ni manganeso, el agua de cal no enturbia el licor; si no hay mas que manganeso, se formará un precipitado de color blanco puro. Si hay magnesia, el precipitado será blanco tambien, pero se oscurecerá al contacto del aire.

En la *Revista de Obras Públicas* de 1856 se inserta un escelente artículo de D. Julian Cazaña, relativo á los ensayos y análisis de las cales, que puede consultarse.

SEGUNDA SECCION.

CALCINACION DE LA PIEDRA CALIZA.

Objeto de la calcinacion.

La operacion que tiene por objeto el despojar á las piedras calizas del ácido carbónico y del agua que contienen, modificando ademas los óxidos para convertirlas en *cal*, recibe el nombre de *calcinacion*, y tambien el de *coccion* ó *quemado*. Se verifica esponiendo las piedras á una temperatura muy elevada en hornos dispuestos al efecto.

Las piedras calizas pierden por la calcinacion, de una tercera á una cuarta parte de su peso, y $^1/_{10}$ á $^1/_{20}$ de su volúmen.

Calcinacion periódica y calcinacion contínua.

La calcinacion de las piedras calizas puede dividirse en dos distintos métodos que son: la calcinacion periódica ó intermitente y la contínua. En ambos casos puede efectuarse, bien sea disponiendo el combustible separado de la caliza, sistema que recibe el nombre de calcinacion á gran llama ó con llama, ó colocando aquel en estratos ó capas alternadas con la piedra. Cada uno de estos sistemas exige distinta clase de hornos.

Por calcinacion periódica se entiende cuando se calcina cierta cantidad de cal, se deja enfriar el horno y se descarga despues. En

la calcinacion continua se estrae la caliza, calcinada por la parte inferior del horno, y se va sucesivamente cargando por la parte superior.

En los hornos dispuestos para calcinacion periódica ó continua á llama, se coloca el combustible en uno ó varios hogares colocados en la parte inferior del horno, y se emplea por combustible la leña, ramajes, retamas, bardagueras y jaras, turba, hornaguera y tambien el carbon vejetal y la hulla: así es que la verdadera acepcion á *gran llama* debiera solo tenerla cuando se empleasen los combustibles que la producen, como sucede con varios de los citados. En la calcinacion por capas se emplea generalmente el carbon de piedra, aunque algunas veces tambien se hace uso de los demás que se indicaron antes.

Suele aprovecharse el calor que habria de perderse en otras operaciones, como en las de quemar el ladrillo ó teja para calcinar las piedras calizas.

Ventajas é inconvenientes de cada sistema.

Los hornos de fuego continuo tienen la ventaja de economizar el combustible que se gasta en los de calcinacion periódica para caldear cada una de las hornadas; sin embargo, tienen un inconveniente, y es el exigir registros inferiores que perjudican á la operacion, por dejar paso al aire frio.

Uno de los objetos principales á que han de satisfacer los hornos, es el de economizar combustible: así es que fuera de los casos en que solo hayan de servir durante poco tiempo, deben construirse en las mejores condiciones para el aprovechamiento del calor.

Describiremos las diferentes clases de hornos que suelen emplearse, indicando las ventajas é inconvenientes que presentan.

Calcinacion periódica á gran llama.—Descripcion de los hornos.

Diferentes formas de hornos.

Los hornos que se construyen para la calcinacion periódica á gran llama, tienen segun se indicó anteriormente, el *hogar*, *caldera* ó *fogon* en su parte inferior, y la cal ocupa una capacidad que puede tener distintas formas, y bajo este punto de vista se pueden considerar divididos en las clases siguientes:

Formas prismáticas rectangulares.—La seccion dada en estos hornos por un plano horizontal á una altura cualquiera, es un cuadrado ó en general un rectángulo.

Formas cilíndricas.—En estos hornos la seccion horizontal dada á una altura cualquiera es un círculo.

De elipsoide.—La capacidad interior de estos hornos está engendrada por una elipse girando alrededor de su eje mayor vertical;

se trunca en la parte inferior que insiste sobre el hogar, y tambien en la superior para formar la *boca* del horno.

De forma cónica con su base mayor truncada formando la boca.— Se trunca tambien en la parte inferior que insiste sobre el hogar. Ademas hay otras formas mistas.

En todos estos hornos cuando se emplea combustible que produce gran llama, se coloca este en el suelo del hogar; pero cuando es poca la llama que levanta, se coloca sobre una parrilla con el objeto de acercarla mas al suelo del horno, estableciendo asi el tiro suficiente, y debajo de este caen las cenizas.

Hornos de campaña ó provisionales.

Los hornos mas sencillos son los llamados de campaña, que suelen construirse provisionalmente para obras de corta duracion.

Estos hornos se construyen formando sobre la superficie del terreno ó en escavacion una bóveda de la misma piedra, escogiendo para ello las de mayor tamaño, y dejando claraboyas para que pase la llama; la capacidad que se deja debajo del embovedado, forma el hogar. Sobre esta bóveda se va colocando la piedra que se ha de calcinar, y se forma con las mas gruesas el perímetro, elevando á la vez tanto este como el macizo interior de la piedra que se ha de calcinar. Una vez cargado el horno, se revisten con tierra arcillosa las paredes, á cuya operacion se llama *enlodar*, y se rodea con zarzos enlodados tambien para que se pierda el menor calórico posible. Si el terreno es una ladera, suele construirse el horno haciendo una escavacion en esta, de modo que las paredes las constituya por tres lados el terreno mismo, y en la de frente se practica la boca del hogar; sin embargo, este sistema es mas costoso que el que se ha indicado primero, y el cual es suficiente en obras rurales de poca entidad, y es al mismo tiempo muy sencilla la construccion. Cuando se trata de fabricar cal en poco tiempo, con poco coste y en corta cantidad, es preferible.

Los hornos mas comunes, particularmente en España, son los de la primera clase indicada anteriormente, de seccion rectangular. Están formados por cuatro muros; en el de frente hay practicadas las entradas del hogar. Este consiste en una capacidad que ocupa todo el fondo entre los muros, cubierta por una bóveda de claraboyas, sobre la cual se coloca la caliza; los cuatro muros se prolongan verticalmente hasta la altura conveniente, y entre ellos está la piedra que se calcina.

Disposicion del horno.

Esta clase de hornos se construye generalmente adosando tres de sus lados á los paramentos de una escavacion abierta al intento. Tiene esta práctica el objeto de disminuir el espesor de los muros, de que no se enfrie tanto la parte esterior del horno y el de hacer

mas cómoda la operacion de cargar y descargar. El muro de frente se fortifica por medio de contrafuertes que dejan entre sí el espacio necesario para la boca ó bocas del hogar. Se construye para mayor solidez dicho muro con un fuerte talud y de mucho grueso.

Materiales de que se construyen los hornos.

Los materiales de que se construyen los hornos, pueden ser de mampostería de la misma piedra caliza, ó de piedras areniscas ó silíceas, refractarias, que son muy resistentes para sufrir altas temperaturas, y de ladrillos ó adobes.

Los de la primera clase no son tan resistentes, y bajo este punto de vista seria mas conveniente el construirlos de piedras refractarias ó de ladrillos refractarios, cuya fabricacion se indicará al tratar del ladrillo; pero seria muy costoso en la mayor parte de los casos, no siendo fácil la adquisicion de estos materiales.

Modo de construir los hornos.

Cualquiera que sea el material que se emplee para la construccion de los muros, se va elevando por hiladas, empleando por mortero tierras arcillosas, en razon á que el de cal no resistiria á la accion del fuego; sin embargo, la arcilla debe emplearse para mortero solo en la parte de muro en contacto con la piedra que se calcina, ó sea la que forma la *camisa* del horno y en el resto mortero comun. A medida que se eleva la construccion, se terraplena detrás de los tres muros de los costados.

La boca de los hogares se coloca en el lado menos espuesto á los vientos frecuentes del pais, siendo general esta disposicion para toda clase de hornos.

Para evitar en lo posible la pérdida del calor á través de las paredes del horno, se suele interponer entre estas y el terraplen esterior una capa apisonada de ceniza ó carbon, ó bien hacer dobles paredes entre las cuales se deja un espacio que se rellena con dichos materiales.

Cuando la estacion es lluviosa, se cubren con cobertizos los hornos, y si se quieren poner al abrigo de los vientos se disponen los costados del cobertizo de modo que puedan cerrarse á voluntad del lado conveniente.

Segun sea el tamaño del horno, así deben dejarse uno ó mas hogares para que se distribuya mejor el calor.

Cuando la bóveda que cubre el hogar se construye de piedras ó ladrillos, se forma con estos materiales arcos separados entre sí y unidos de trecho en trecho con piedras ó ladrillos de canto, de modo que dejan huecos ó claraboyas que permiten se introduzcan las llamas. Pueden tambien ponerse gruesos barrotes en el fondo del horno en vez de bóvedas; pero saldrá mas caro generalmente.

Cuando la cantidad de material que hay que calcinar es consi-

derable, se construyen varios hornos adosados, que en realidad forman uno solo. Las paredes interiores de separacion se forman con la piedra que se ha de calcinar, escogiendo para esto la mas gruesa. Para tapar las bocas del hogar se emplean trampillas que conviene sean de palastro.

Horno comun. Figuras 1.ª, 1.ª (segunda), 1.ª (tercera), 1.ª (cuarta).

La figura 1 representa la proyeccion horizontal, la 1 (2) la vertical ó vista de frente, la 1 (3) una seccion ó corte dado por la línea AB á lo largo del horno, y la 1 (4) por la AB á lo ancho de un horno comun, rectangular, con dos hogares. La cabida que comunmente suelen tener, es de unos 80 á 100 metros cúbicos: el hogar suele tener 1,m 60 de ancho por 1 de altura ó algo mas; las paredes 0,m 55 á 0,m 60 de grueso.

Hornos cilíndricos.

Los hornos cilíndricos se construyen con el objeto de aprovechar mas el calor; sin embargo que no están bien probadas sus ventajas respecto de los rectangulares.

Figuras 2 y 2 (segunda).

La figura 2 y 2 (2) representa en seccion vertical y horizontal un horno cilíndrico enterrado hasta la parte superior de las paredes: suelen contener comunmente unos diez metros cúbicos de material. Se indica en la figura estar cubierta la cal con piedras enlodadas las juntas; se dejan respiraderos para arreglar la temperatura del modo conveniente.

Horno de elipsoide. Figuras 3 y 3 (segunda).

La figura 3 y 3 (2) representa las secciones vertical y horizontal de un horno de la tercera forma indicada en la clasificacion ó de *elipsoide*. Esta forma tiene el objeto de hacer concentrar mas el calor y poderle cerrar con mayor facilidad en su parte superior. Está representado por la seccion vertical dada por el medio y una horizontal dada por la línea AB. Como en esta forma no puede hacerse el hogar de modo que ocupe la mayor seccion horizontal del horno, se construye como se indica en la figura, practicándole en la parte inferior *a*. En el centro se deja un cañon ó hueco en la mampostería por donde penetra la llama á un espacio abovedado con la misma piedra caliza mas gruesa empleada sin enlodar; de este modo se consigue mayor superficie en contacto con la llama.

Formas mistas. Figuras 4 y 4 (segunda).

El horno representado en la figura 4 y 4 (2) en secciones vertical y horizontal, se ha construido con frecuencia en el caso de emplear leña, ramaje ó retama para combustible. Está compuesto de un cono truncado terminado por una bóveda esférica, con la abertura superior necesaria para cargarle y dar salida al humo. La figura superior representa una seccion ó corte vertical dado por el eje del horno, y la figura inferior un corte horizontal por AB, siendo su cabida de unos 13 metros cúbicos; consume por hornada casi igual cantidad de combustible de 13 metros cúbicos. Tambien se puede

cerrar fácilmente la boca despues de cargada, con una chapa de hierro.

Las figuras 5 y 5 (2) representan la seccion vertical y horizontal de un horno cilíndrico, terminado en la parte inferior por un tronco de cono. Suelen hacerse de esta clase de la capacidad de unos 4 metros cúbicos. Se representa cargado el horno con la capa de arcilla ó piedra que cubre la hornada y los respiraderos. Figuras 5, y 5 (segunda).

Las diferencias en la cantidad de combustible que se quema en los diferentes hornos descritos, depende del tamaño de la piedra que se calcina, de su calidad y disposicion en el horno, capacidad de este y de la calidad del combustible, sin contar con otras causas accesorias: así es que suelen ser notables las diferencias que resultan, tanto en la cantidad indicada como en la cantidad y calidad de la caliza calcinada. La forma de los hornos ejerce gran influencia en estas diferencias. Los de las figuras 3, 3 (2) y 4, 4 (2), han dado buenos resultados; lo que puede consistir en haber menos pérdida de calor por la parte superior que en los abiertos completamente; no exigen tampoco tanto trabajo para la operacion de cubrir el horno, despues de cargado, pues en los abiertos hay necesidad de formar dicha cubierta de arcilla, dejando los respiraderos convenientes. Observaciones sobre los hornos descritos.

La ventaja principal que se consigue con los hornos, cuya boca es reducida, relativamente á los de boca ancha, consiste en el mejor arreglo del tiro. En efecto, cuando se alimenta el hogar, se produce una corriente de aire entre las piedras que se calcinan y las paredes del horno, que retarda la operacion, produce una calcinacion desigual, y se gasta mas combustible del necesario; sin embargo, algunos han creido que era perjudicial el estrechar la boca del horno, en razon á que el calor no circula regularmente en este caso por los costados, siguiendo mas bien la direccion del eje del horno.

La turba ú hornaguera se emplea, en los sitios en que es abundante, para calentar los hornos de cal, y aun en Inglaterra se suele emplear, á pesar de haber carbon de piedra, porque con su uso encuentran economía. Hornos para turba ú hornaguera.

El horno ideado por Deblinne y Donop, parece ser ventajoso para la aplicacion de estos combustibles, tanto por la economía que de ellos resulta, como en la mano de obra necesaria para la calcinacion.

Las figuras 6 y 6 (2) son las secciones vertical y horizontal del horno, dada por *A B*: Horno para el empleo de hulla de Donop. Figuras 6, y 6 (segunda).

a, boca del hogar.

b, derrame para introducir el combustible y estraer la piedra calcinada.

c, parrilla de barras móviles, colocadas sobre rebajos practicados en un aro de hierro circular, sostenidas por una barra trasversal empotrada en la mamposteria. Estas barras están colocadas en el sentido del derrame de la trampilla y apoyadas por una de sus aristas, pues la esperiencia ha demostrado que si estas estuviesen colocadas trasversalmente y de plano, la varilla de que se hace uso para activar el fuego no se introduciria con tanta facilidad, y podria desmenuzar la turba. Esta parrilla es preferible á las claraboyas formadas de ladrillo, por el mayor espacio que dejan para el paso del calor.

l, revestimiento de ladrillo que se debe reparar ó reconstruir cuando le deteriore el fuego.

Las dimensiones son las siguientes:

Altura total, 5,65 metros.
Altura de la boca, 0,488 metros.
Altura de la rejilla sobre el cenicero, 0,813 metros.
Altura interior de la capacidad del horno, 4.557 metros
Diámetro mayor, 2.556 metros.
Id. de la rejilla, 1,5 metros.
Id. de la boca, 0,813 metros.
Superficie de la portezuela ó trampilla del horno, 0,16 metros.
Id. de las del cenicero, 0,36 metros.
Rádio de curvatura *g h*, 3,575 metros.

En los hornos en que se hacia uso de la turba, antes de idear el descrito, se consumia mucho mas combustible; en este viene á gastarse igual cantidad de combustible en volúmen que el de cal obtenido en la operacion. En Prusia tienen bastante aplicacion esta clase de hornos.

Hornos para hulla ó carbon vejetal. La forma de los hornos para el empleo de la hulla ó carbon vejetal son, en general, como los que sirven para la turba.

Horno de Stanhope para hulla ó carbon vejetal. Figuras 7, y 7 (segunda). Los hornos á la Stanhope, generalizados en Inglaterra para emplear hulla ó carbon, tienen la forma indicada en las figuras 7 y 7 (2), secciones vertical y horizontal. Son de pequeña cabida: suelen tener solo 1,5 metros próximamente de lado. El cenicero está debajo de la parrilla, el cual suele tener un metro de altura próximamente. Sobre la parrilla se coloca la piedra mas gruesa, formando un embovedado, segun indica la fig. 7, para que se distribuya mejor el calor.

El modo de arreglar el fuego y la aplicacion del combustible es lo que diferencia estos hornos de los ordinarios. Se emplea en ellos la hulla en trozos pequeños, á medio quemar, recogidos en el cenicero, y mezclados con otros sin quemar, hecho todo una masa, para lo cual se mojan y apegotan.

El combustible se coloca en el frente de la rejilla ó suelo del horno; en ella hay una abertura ó cavidad horizontal que ocupa todo el ancho, y de unos 8 centimetros de altura, que se llena de combustible. El tiro se verifica por los intersticios del combustible y los agujeros de la parrilla, y para cerciorarse si el fuego es igualmente intenso en todas partes, se pasa por debajo un espejo, y cuando la fuerza de aquel no es suficiente en algun punto, lo que se advierte por la intensidad de la imágen, se introduce una varilla acodada, abriendo paso de este modo al calor en aquel punto. La proporcion del combustible á la caliza calcinada viene á ser en estos hornos de 25 por 100.

Hornos para la calcinacion contínua á gran llama.

Formas generales de estos hornos.

Los hornos destinados para la calcinacion contínua á gran llama tienen el hogar inferior como los de calcinacion periódica, y en este se quema el combustible directamente.

La forma de estos hornos es generalmente de pirámide truncada, ó cono truncado, ó de dos opuestos por su base mas ancha. Tambien se construyen en forma de elipsoide. El hogar puede estar directamente debajo del horno, como se ha indicado para la calcinacion periódica, ó tener uno ó varios hogares laterales.

Cuando los hornos tienen el hogar por el primer sistema, se calcina mas la piedra del centro que la de los costados de la hornada, y al contrario cuando el hogar es lateral, por lo que es conveniente en este caso dar al horno la mayor altura posible relativamente á su diámetro, porque el calórico tiende á elevarse, y al mismo tiempo aumentar los hogares laterales.

Hornos de hogar lateral é inferior, horno elipsoide. Figuras 8, 9 y 10.

Uno de los hornos de hogar lateral que mejores resultados ha dado, es el representado en las figuras 8, 9 y 10, seccion vertical por el eje, horizontal por los registros y vista de frente; su producto en veinte y cuatro horas era de 90 hectólitros de cal. Contenia cinco hogares *a*, con sus ceniceros y registros *f*, para sacar la piedra calcinada. El revestimiento interior ó camisa *b*, es de ladrillo refractorio, y la segunda *c*, de ladrillo comun. Entre este revestimiento y la mamposteria, se deja un espacio hueco *d*, que se llena con ceniza para que no se pierda el calor del horno: *e* es la parte de mampostería que completa los muros.

Horno de llama invertida. Figuras 11 y 12.

Las figuras 11 y 12 representan en seccion vertical y horizontal un horno de llama invertida ó reflejada, con un solo hogar lateral, por ser de pequeñas dimensiones; es económico en razon á que el humo puede aprovecharse para la calcinacion, pues rechazado, vuelve

á atravesar el hogar, ardiendo de este modo nuevamente, y contribuyendo al aumento del calor.

Otro horno de llama invertida. Figuras 13, 14 y 15.

Las figuras 13, 14 y 15 representan las secciones dadas por el centro en el sentido del ancho mayor, la proyeccion horizontal y la seccion menor de un horno de llama invertida ó reflejada, descrito por Rancourt. Entra el aire por arriba, y pasa con el humo y la llama debajo de una bóveda, y se reparten al interior *a b* del horno para calcinar la piedra. Durante este paso, el humo, en contacto continuamente con el oxigeno que ha quedado en el aire, se quema, y aumenta el calor.

La piedra se carga por *b*, y cae al espacio cilíndrico *m n n m* y se saca por *l* cuando está calcinada; *d d* son *ventosas* para poder dar aire cuando se quiera enfriar la piedra del horno.

Horno con el hogar directamente debajo. Figuras 16 y 17.

Figura 16, seccion vertical por el eje; 17 secciones por la parrilla y bóveda de un horno para calcinacion á gran llama, con el hogar directamente debajo, formando una bóveda de barras de hierro ó de ladrillos con claraboyas.

Horno prusiano. Figuras 18, 19, 20 y 21.

Las figuras 18, 19, 20 y 21, representan, en proyecciones vertical y horizontal y secciones vertical y horizontal por *A B C D*, uno de los mejores hornos para calcinacion continua á gran llama, empleado en Prusia. La forma interior es de dos troncos de cono, unidos por sus bases; tienen cerca de 2,5 metros de diámetro en la boca, y 2 metros en el fondo; su altura total es de 12 metros; la del cono inferior de 2,2 metros.

El revestimiento *d' d'* de ladrillos refractorios solo llega hasta una altura de 8 metros; el resto hasta arriba es de ladrillo comun. Entre el revestimiento *d d* y la mamposteria de los muros *c*, hay el hueco que se indica en la figura relleno con ceniza para que cedan por los efectos de la dilatacion del revestimiento. Está el horno rodeado del muro esterior *m n l*, dividido en 4 pisos con bóvedas *o o* y suelos *p p*, resultando de este modo muy pequeña la pérdida por radiacion. Sirven los dos pisos inferiores para el servicio del horno, y los superiores para abrigo de los operarios.

La turba que se emplea en estos hornos se quema en varios hogares laterales bovedados *b b*, introduciendo el combustible por bocas con trampillas de hierro, revestidas interiormente de arcilla. Están situadas sobre las rejillas formadas de ladrillos refractorios, sostenidos por un arco trasversal *f*.

Por los conductos *h* penetra el aire necesario para la combustion; *i i* son ceniceros con trampillas que solo se abren para limpiarlos. La cal se saca por *a a a*; por las capacidades que hay en *k* delante de ellos, sale la corriente de aire, que se escapa por las aber-

turas superiores, y de este modo no incomoda á los obreros.

La boca está rodeada de una barandilla de hierro. La piedra se conduce á dicha boca por los carriles indicados en la figura.

Este horno estaba arrimado á una ladera, en la cual habia las habitaciones de los obreros; *t n* son las escaleras que comunican con estas : *x s* las puertas de comunicacion.

Para encender el horno se llena primero de piedra hasta *C D*, y se la calcina completamente quemando leña en *a a a*, y despues se llena con cuidado y se enciende el combustible en los hogares *b b b*.

Este horno podia producir 1000 hectólitros de cal cada 24 horas, consumiéndose sobre 1,5 de turba por uno de cal.

Este método es mejor que el de calcinacion continua por capas, de que se tratará luego, pues la gran elevacion del hogar hace que haya mas contacto de calórico con la piedra y no se desperdicia tanto este. Por ser contínuo el calor se aprovecha en la hornada siguiente, lo cual no tiene lugar en la calcinacion periódica. La piedra que va quedando en la parte inferior del hogar, puede contribuir hasta que se retire á calcinar la nueva que se echa. Tambien tiene la ventaja este método sobre el de la calcinacion por capas, de que no se mezcla el combustible con la piedra, y de este modo no mancha la cal. Ventajas de la calcinacion continua a llama.

El empleo de hornos dobles ó de dos cuerpos, uno inferior y otro superior, dieron á Petot resultados económicos con la forma y proporciones indicadas en la figura 22, seccion vertical por el medio. Las dimensiones de los hornos eran las siguientes· Hornos sobrepuestos. Figura 22.

COMPARTIMENTO INFERIOR.

Diámetro de la parrilla......................	1,985 metros.
Altura de la parrilla sobre el suelo...........	0,50
Diámetro inferior del compartimento..........	2,55
Id. máximo................................	3,56
Distancia desde *A A* á la parrilla.............	1,30
Diámetro de *B B* de la carga................	2,24
Distancia de *B B* á *A A*...................	3,00
Diámetro en la parte superior...............	1,70
Distancia desde *B B* á la boca del hogar superior.	0,50
Entrada del hogar.........................	0,40
Entrada del cenicero.......................	0,50

COMPARTIMENTO SUPERIOR.

Diámetro inferior.........................	2,50
Diámetro máximo *C C*.....................	2,46

Distancia desde *C C* al umbral del hogar......	1,30 metros.
Diámetro *D D* superior de la carga...........	1,55
Distancia de *D D* á *C C*....................	2,30
Distancia desde *D D* al orificio superior.......	0,50
Diámetro en el orificio.......................	1,00
Grueso de la mampostería *E E*...............	2,00
Id. id. en *F F*..............................	1,60
Volúmen de cal cocida en el compartimento sup.	10,50
Id. id. inferior..............................	26,50
Ancho de los barrotes de la parrilla...........	0,03
Entreejes de los barrotes.....................	0,04

Para cargar el horno se forma una bóveda ojiva sobre el hogar, con pedazos de la caliza, de 0,16 á 20 de grueso, y sobre ella se coloca la piedra que ha de calcinarse, con la precaucion de que la mas gruesa esté hácia la parte superior, y en el centro se dejan algunas estacas gruesas verticales, que despues producen huecos que sirven de chimenea; pero evitando el dejarlas sobre la parte opuesta de la entrada del hogar, en donde la corriente de aire que entra por él lleva naturalmente la llama. Lleno el horno se cierra con piedra el hueco del cenicero superior, dejando solo un registro que puede abrirse cuando se quiera para examinar los progresos de la operacion. En el compartimento superior, hay necesidad de encender algun ramaje para establecer el tiro.

Si el fuego es muy fuerte suelen estallar las piedras cuando se desprende el agua de cantera; en este casó conviene moderarle hasta que la haya perdido.

Cada carga media suele ser de cuatro atados, de 7 á 10 kilógramos de peso; se colocan al rededor de la parrilla, dejando uno á la entrada, de modo que, encendido por un estremo, de la llama en la parte esterior del horno y caliente el aire esterior que entra por la trampilla, la cual es de unos 0,10 de lado, y se la cierra con ladrillos. El fuego se renueva cuando solo queda brasa y puede verse el estado de la piedra. A las diez horas de haber dado fuego, el gasto de combustible viene á ser casi constante.

Se quemaban 802 kilógramos de combustible por metro cúbico de cal.

En razon a que la piedra de la parte inferior se cuece antes que la superior, y para evitar se queme demasiado, al cabo de 20 ó 24 horas de estar ardiendo el horno se echa agua en la cubeta *K* colocada delante del hogar, la cual se eleva hasta el nivel del cenicero; se quita la ceniza que cae en ella con una pala, y se procura mantener el nivel constante. Viene á evaporarse 3 metros cúbi-

cos durante la calcinacion. Esto, segun Petot, facilita el desprendimiento del ácido carbónico é impide el esceso de calcinacion.

Se considerará concluida la calcinacion cuando el asiento sea de 0m50 próximamente, introduciendo la tienta. Esta operacion se hace por la abertura colocada debajo del hogar superior, y durante se verifica, hay que tener cerrado herméticamente el hogar y el cenicero inferior, pues de lo contrario el aire caliente y la llama impedirian aproximarse. Terminada la operacion en el horno inferior, se empieza en el superior: el hogar de esta parte no tiene parrilla. Se colocan los haces de combustible derechos sobre la cal del horno inferior, y durante arden se deja solo una abertura de 0m10 en el cenicero inferior, y el superior permanece cerrado. Cuando se ha calcinado la cal en este compartimento, que es ya en menos tiempo que en el inferior por estar preparada la piedra, se apaga el fuego, se cierran todos los agujeros, y á las 12 horas está generalmente en disposicion de sacarse la piedra calcinada.

Horno para cal y yeso de Coffineau. Figuras 23 y 24.

El horno para cocer cal y yeso ideado por Coffineau, de que sacó privilegio en Francia en 1840, está cerrado por todas partes con el objeto de no perder calórico; se representa por una seccion longitudinal figura 23, y otra trasversal figura 24.

Cuando se carga ó descarga el compartimento *a*, se cierra su registro *r* para repartir el calor en las capacidades *b*, *c*, *d*.

Cuando *d* se ha cargado, se abre su registro y se cierra el de *c*, el calor pasa á *a*, *c*, *d*; descargando *e* y cargándole inmediatamente, se vuelve á abrir su registro, y la misma operacion se hace por los otros tres compartimentos.

Estando el horno en actividad y el calor constante, deben descargarse los *a* y *b* cada dos y media horas, y los *c*, *d* cada tres y media; obteniéndose así 16 metros cúbicos de cal ó yeso en 24 horas, con 8 hectólitros de carbon mineral de mediana calidad.

La longitud del horno es de 4,75 metros, 3,6 de ancho y 2,35 de altura; tiene dos pasos *e e* bovedados para limpiar las capacidades *f f*, y de 12 centímetros de espesor, que comunican con el hogar *h*. Las capacidades *f* tienen 16 centímetros por 16 de ancho; están cubiertos con el suelo *g*.

Los dos compartimentos *a*, *b* del primer piso tienen 50 centímetros de altura sobre la clave; *r* es el registro para graduar el calor. El escape *l* comunica con los compartimentos del segundo piso de 16 centimetros de altura en que está la chimenea, de 50 centímetros de altura y las tolvas *n* de 8 centímetros de altura y 25 centímetros de lado, cubiertas con una tapa de hierro.

Las cuatro tolvas *n* están establecidas para el cambio de compar-

timentos *c d*. El horno está dividido por un muro *q* de 22 centímetros, que separa las cuatro capacidades *a*, *b*, *c*, *d*.

Sobre el hogar hay una ventosa de 16 centímetros cuadrados.

La cara lateral del horno tiene siete aberturas; dos para limpiar las canales, una para entrar al hogar y cenicero, y cuatro para la carga y descarga del horno; en la cara opuesta hay otras cuatro.

Figura 25. La figura 25 representa el mismo horno con la adicion de un tercer compartimento *a'b* y alguna variacion en la chimenea y hogar: *p p* son las tapas de las tolvas.

Hornos ingleses. En Inglaterra son muy comunes los hornos llamados de *cúpula*, cuya descripcion y la relativa á las operaciones para la calcinacion dada por Clegg en el Diario de la Sociedad de Ingenieros de Lóndres de 1851, estractaremos.

Figuras 26, 27, 28 y 29. Las figuras 26, 27, 28 y 29 representan las proyecciones vertical y horizontal y dos secciones del horno tambien verticales y normales entre sí. Su forma es la de una botella, y se colocan algunas veces dos, tres ó cuatro reunidos. De este modo presentan menor superficie al aire frio; probablemente se adopta, menos con el objeto de economizar combustible, pues será poco el ahorro, que con el de que un fogonero pueda vigilar mejor todos los hogares.

El diámetro en el fondo es de unos 3 metros, las paredes se construyen verticales hasta la altura de dos metros, desde cuyo punto empieza la cúpula que cierra el horno, dejando solamente una abertura en la parte superior de $0,^{m}5$ á $0,^{m}6$ de diámetro, que forma la chimenea; la altura total desde el hogar hasta la cúspide de la chimenea es de 6 metros. El espesor de la fábrica de ladrillo hasta una altura de 3,4 metros, es de $0,^{m}5$, la cual está al nivel de la coronacion de un muro de circuito construido de mampostería ordinaria; desde esta altura hasta la boca el espesor es de $0,^{m}2$, incluyendo el revestimiento ó pared de ladrillo refractario. El muro de circuito de mampostería tiene la forma de herradura; la parte circular tiene 6 metros de diámetro, su grueso es proximamente de $0,^{m}43$, y forma talud. El espacio comprendido entre él y la mampostería de ladrillo del horno, está lleno de tierra ó escombro. En la parte posterior del horno á un metro encima del hogar, hay una puerta ó entrada de 2 metros de altura y 1,4 metros de ancho, cubierta con una bóveda de ladrillo por la cual se carga el horno. En el lado opuesto de esta abertura hay dos hornillos con el hogar de $0,^{m}43$ de ancho, prolongados hasta la parte posterior del horno. Las bocas de los hornillos afectan la forma de embudos, y tienen un metro de altura encima de la parte interior de los hogares, conviniendo esta forma para colocar la bóveda de la piedra caliza cuando se carga el

horno. Se construye un cobertizo en este paraje para guarecer del agua al obrero y al combustible. Al cargar el horno, se coloca ramaje seco sobre las parrillas, con una capa de carbones para encender estos.

Se forma sobre el registro una bóveda de grandes trozos de la misma piedra, de un metro de alto y 0,^{m}6 de ancho, perfectamente arreglada sobre cada hogar; sobre estos arcos ó bóvedas se coloca la piedra que se ha de calcinar, teniendo cuidado de poner las mayores piedras en el fondo, y donde se ha de esperimentar el mayor calor, y gradualmente los de menor volúmen hácia el vertical. La parte superior de la carga está proximamente al nivel del muro de circuito. Se tiene cuidado de dejar huecos entre las piedras; el objeto de esto es el de facilitar la calcinacion de las mayores piedras, porque si las mas pequeñas se mezclasen con las mayores, se escoriarian antes que las últimas estuviesen calcinadas. Cuando los espacios entre las piedras son muy grandes, existe mucho tiro, y esto favorece la calcinacion de las piedras mayores, al mismo tiempo que el de las pequeñas. Cuando la piedra caliza que se ha de calcinar es compacta, deberá partirse en fragmentos que no escedan del volúmen de un puño; en la creta pueden ser mucho mayores. Si las piedras son demasiado chicas, los espacios ó huecos que dejen entre sí, no permitirán suficiente paso al aire y á la llama.

No debe la piedra hallarse en un estado demasiado seco, y si ha perdido su natural humedad de la cantera se regará. Esta humedad es ventajosa, porque el vapor que produce facilita el desprendimiento del gas ácido carbónico, por su gran afinidad con el agua; sin embargo, es perjudicial que esté demasiado mojada.

Al empezar la calcinacion es necesario elevar gradualmente el calor del horno, debiendo trascurrir quince á veinte horas antes que se desarrolle toda la intensidad del combustible y del tiro.

Si los ceniceros no tienen ninguna puerta ó pantalla, se deberán colocar trozos de piedra delante de ellos para producir gradualmente el tiro conveniente. El efecto de elevar el grado de calor súbitamente, seria el de destruir las bóvedas colocadas sobre el hogar, y la masa de piedra puesta encima caeria y apagaria el fuego; la piedra se fraccionaria llenando los huecos y destruyendo el tiro. Este cuidado de aumentar gradualmente el calor, es mas necesario en un horno nuevo, pues si este fuese repentino agrietaria la obra recien hecha; para evitarlo se colocan algunas veces aros de hierro á ciertas alturas. Cuando se ha terminado la calcinacion, el calor de la llama que sale por la chimenea es de un amarillento claro ó blanquecino sin producir humo, y la piedra del horno ha hecho un asiento

de la quinta á la sesta parte del vólumen total, presentando un aspecto candente ó una tinta blanquecina rosada. El calero práctico conoce por estas indicaciones que su trabajo ha terminado; pero los que no estén muy acostumbrados á estas operaciones, deben sacar un fragmento de piedra del horno elegida de la capa esterior, y apagarla dentro de un poco de agua; si no se produce ninguna efervescencia con la aplicacion de un ácido, la calcinacion se ha terminado. Cuando se está seguro de este resultado, se puede apagar el fuego y dejar el horno enfriarse gradualmente.

En un horno de cúpula de 33 metros cúbicos de capacidad, necesita la piedra para calcinarse 48 horas, y consume próximamente siete toneladas de carbon, dependiendo en parte esta cantidad del grado de sequedad de la caliza, aunque la variacion es muy poco considerable.

Un horno en constante actividad suele durar uno y medio ó dos años, sin necesidad de repararle. Es conveniente usar ladrillos de arcilla refractaria para su construccion.

Horno propuesto por Vicat. Figuras 30 31.

En los hornos muy altos empleados para la calcinacion á gran llama, no puede calcinarse bien la piedra de la parte superior sin pasar el límite conveniente en las inferiores, lo cual produce malo resultados cuando son calizas arcillosas; por lo que Vicat ideó para la calcinacion de estas el horno figura 30, seccion vertical, y 31 horizontal sobre el hogar.

Hasta la altura de unos dos metros es de forma cilíndrica, de base circular ó elíptica; el resto hasta cinco metros de forma cónica algo truncada en su estremidad, formando una boca ó chimenea de 60 centímetros próximamente. La parte interior está dividida en dos ó tres compartimentos de forma redondeada, elevándose las capacidades indicadas á unos tres metros de altura.

El objeto de la disposicion indicada era el de evitar las partes angulares, y mantener la intensidad del fuego en las regiones superiores por una concentracion del calor mayor que la que tiene lugar en los espacios prismáticos ó cilíndricos, cuyas paredes son verticales. Al mismo tiempo las divisiones permiten que se verifique la calcinacion alternativa de las capas inferiores sin continuidad de las superiores. Para verificar la calcinacion, se cierran los hogares *b* y *c*; por ejemplo, se enciende *a*, se mantendria así dos dias, y antes de terminar estos, se encenderia *b*; á medida que esto se verificase se iria disminuyendo el fuego en *a*, y se cerraria cuando *b* estuviese completamente encendido, y del mismo modo se procederia con *c*. Así la parte superior y media habria recibido 144 horas de fuego directo y solo 48 la parte inferior.

En un horno de dos capacidades que podria emplearse para calizas arcillosas de mediana dureza, se procederia del mismo modo recibiendo cada capacidad 72 horas de fuego directo. No tenemos noticia de que haya llegado á emplearse este horno.

Formas de hornos recomendados por Vicat. Figuras 32, 33, 34 y 35.

El referido Vicat indica como una de las peores formas de hornos para el empleo de hulla y fuego continuo el indicado en la seccion figura 32. En la práctica tuvo que abandonarse por la desigual calcinacion que producia. El de la forma figura 33 dice ha tenido un mediano éxito; y bueno el indicado figuras 34 y 35.

Hornos para la calcinacion periódica por capas.

Formas generales de los hornos.

Los hornos permanentes que se construyen para la calcinacion periódica por capas, son de varias formas; cilindrica, cónica; de pirámide truncada y de prisma rectangular.

Hornos cilindricos: su descripcion y modo de cargarlos. Figuras 36 y 37.

Las figuras 36 y 37 representan la seccion vertical y la proyeccion horizontal de un horno de figura cilindrica de unos tres metros de radio.

En el centro tiene una poza de 70 centímetros de diámetro, y un metro de profundidad; hay una canal *a d* de la misma profundidad de la poza central. *a* representan unas puertas ó trampillas formadas con losas de 25 centímetros de ancho, y de 50 de altura próximamente.

Para cargar el horno se cubre el hogar con piedras gruesas, y se estiende en el fondo una capa de piedra caliza de mediano tamaño, colocando la parte de menor dimension hácia abajo para dejar paso al aire; se echa despues algo de piedra menuda para que cubra los huecos de las piedras mayores y no se salga el polvo, ó bien pequeños trozos de hulla. El centro de la piedra se cubre con varios fragmentos de hulla, y despues con polvo de la misma; el grueso de todo es de unos 20 centímetros y de dos metros de diámetro. En seguida se coloca otra capa del mismo diámetro con piedras bien unidas, algo inclinadas, colocándolas en el sentido de los radios; sobre esta se coloca otra capa de hulla, como la primera; despues otra capa de piedras; otra de hulla de unos cinco centímetros de espesor que cubra toda la superficie del horno, y luego otra de piedra que se estienda hasta la circunferencia. El resto se hace tambien de capas alternadas; pero las seis ó siete primeras de la piedra se hacen solo de unos 9 centímetros de espesor. Se colocan algo inclinadas las piedras de las distintas capas, unas en sentido contrario de las otras, para que no se desarreglen las demás durante la operacion.

Se forman sobre 18 ó 20 capas en cada hornada, que componen

la altura total de unos 4 metros; las capas disminuyen de diámetro en la forma que indica la figura.

Concluido de cargar el horno, se le reviste de una capa de arcilla de 4 á 6 centímetros, reforzando la base con un murete de piedras en seco hasta metro y medio de altura, haciendo tambien una cuneta *r r* alrededor, para que corran las aguas. Con esteras ú otro medio se forma una pantalla del lado que azote el viento. El fuego se enciende por la zanja *ad*.

En los hornos dispuestos como el descrito, pueden cocerse 65 metros cúbicos de piedra con 12 metros cúbicos de hulla menuda; dura 5 ó 6 dias la operacion, y se emplean unos 32 jornales de 4 obreros para la colocacion de las capas de la hornada.

Otro horno cilíndrico. Figuras 38 y 38 (segunda).

En Francia se usan tambien hornos, como se indica en las figuras 38 y 38 (2), secciones vertical y horizontal. Suelen ser de unos 20 metros cúbicos de cabida, y consumen un 50 ó 60 por ciento de carbon.

Hornos holandeses. Figuras 39 y 39 (segunda).

En Holanda suelen calcinarse las conchas para obtener cales, y se emplean para ello hornos representados en las figuras 39 y 39 (2) en seccion vertical y horizontal. Hay necesidad en este caso de dejar registros que se abran y cierren á voluntad; pues no quedan huecos suficientes entre las conchas para el paso del aire en razon á macizarse las capas demasiado. Si no se tuviese dicha precaucion, seria fácil que se apagase el fuego.

Advertencias relativas á la calcinacion periódica por capas.

A pesar de que el método de calcinacion por capas presenta economía de combustible, exige mayor gasto para descargar el horno en razon al cuidado que es necesario tener para no mezclar la piedra y el combustible, particularmente cuando se emplea carbon de piedra. Sale tambien mas desigual la coccion que en los hornos de llama.

Cuanto mas dura sea la piedra que se ha de calcinar, mas gruesas deben ser las capas de combustible, disminuyendo siempre este grueso á medida que se alejan de la parrilla. El de las capas de piedra debe ser mayor en la parte inferior; pero deben colocarse en esta las piedras mas pequeñas, y las mayores en las superiores, porque el fuego se mantiene mas tiempo en actividad en las capas superiores del combustible.

Debe cuidarse como se ha indicado, el colocar la piedra de modo que su menor dimension esté hácia abajo, y abrir huecos para que el carbon no se mezcle con la piedra, y que haya al mismo tiempo los respiraderos necesarios para que las corrientes de aire activen la combustion.

Sobre la parrilla se colocan astillas, virutas, paja, etc. para que

prendan y se enciendan las capas del combustible, debiendo darse fuego cuando se ha colocado la tercera capa, para evitar el tener que desarreglar mayor cantidad si hubiese que hacer alguna variacion por no prender bien. La trampilla inferior se cierra inmediatamente que haya prendido el fuego en las capas del combustible.

Hornos para calcinacion contínua por capas.

Hornos para el empleo de la hulla; su clasificacion.

Los hornos para la calcinacion continua por capas son de formas variables; sin embargo, pueden clasificarse en cuatro clases.

1.ª Cónicos truncados invertidos.

2.ª Elipsoides mas ó menos truncados en su parte superior.

3.ª Semi-esferoides.

4.ª Dobles conos truncados opuestos por la base.

Las dos formas primeras son las que se emplean generalmente. Solo se citarán los que mas aceptacion han tenido en Inglaterra, Bélgica y Francia.

Hornos cónicos. Figuras 40 y 40 (segunda).

Las figuras 40 y 40 (2), secciones vertical y horizontal, dan á conocer suficientemente la forma de los primeros; en la parte inferior se abren conductos *c c* que tienen registros cerrados con chapas de hierro, y cuyo objeto es suministrar el aire necesario para el tiro.

Figuras 41 y 41 (segunda).

Figuras 41 y 41 (2), secciones vertical y horizontal.—Horno de gran dimension que puede suministrar 65 hectólitros de cal en 24 horas, y solo gasta unos 22 hectólitros de hulla.

Figuras 42 y 42 (segunda).

Figuras 42 y 42 (2), secciones vertical y horizontal.—Horno compuesto de dos conos truncados unidos por su base; suelen rodearse de una segunda capacidad circular para abrigo esterior, que sirva al mismo tiempo para depósito del material. El combustible que se consume en estos hornos es variable segun su calidad, la clase de caliza, la forma del horno, etc. Un término medio tomado entre diez, ha dado para el gasto del combustible un treinta por ciento de la piedra que se calcina.

Hornos para leña ó ramaje. Figuras 43 y 43 (segunda).

Las figuras 43 y 43 (2) representan: la primera una seccion vertical, y la segunda la proyeccion horizontal de un horno cuya forma es de pirámide truncada para la calcinacion por capas, cuando se emplea para combustible leña ó ramaje; dicho combustible se coloca por capas cruzadas, y tanto á estas como á las de la piedra, se las da unos 64 centímetros de grueso.

En este horno se calcina con mas prontitud que con la hulla: suelen cargarse cada dos horas, renovando el material á las 24 horas; gastan aproximadamente un metro cúbico de combustible por metro cúbico de cal.

Figura 44. Estos hornos pueden ser convenientes en paises abundantes de maderas, como sucede en Rusia, en cuyo país son muy comunes; y los construyen generalmente de la forma indicada por una seccion vertical en la figura 44; es su altura generalmente de unos 3,5 metros. Pueden calcinarse en ellos sobre dos metros cúbicos al dia, bastando un hombre y un muchacho para su servicio.

Horno de Triquet y Guyant. Figuras 45 y 46. El objeto del horno ideado por Triquet y Guyant, de que sacaron privilegio en Francia en 1830, representado en las figuras 45 y 46, es el de obtener mas regularidad y economía de combustible en la calcinacion. Esta economía, segun los inventores, llega á un cincuenta por ciento con poco esceso de gasto en la construccion del horno, consiguiéndose al mismo tiempo el obtener una calcinacion escelente; puede servir para los cementos.

El calor perdido en estos hornos le utilizan tambien los inventores para quemar el yeso, disponiendo una sola capacidad en la parte superior, ó un largo conducto en el que colocan aquel en cilindros de fundicion, segun se esplicará al tratar del yeso.

La figura 45 es una seccion vertical dada por el eje del horno; la 46 una seccion horizontal dada á la altura del hogar.

A, es la capacidad interior del horno propiamente dicho, cuya figura es oval.

B, horno para quemar el yeso por el calor perdido del horno de cal.

C, capacidad circular que comunica con los canales laterales, *D* que desembocan en el interior de esta capacidad en *a a*. La chimenea, *b*, parte de la misma capacidad, elevándose lateralmente hasta la parte superior del horno, y en esta chimenea se arregla el tiro por medio de un registro colocado en su parte superior, y produce llamada ó tiro cuando se carga la parrilla, *E*, dispuesta solo del lado opuesto, para alimentar el horno de un modo continuo.

Se carga el horno con capas de cal y carbon, las primeras de unos 25 centímetros de espesor, y las segundas de dos centímetros de carbon menudo; esta pequeña cantidad seria insuficiente si no se alimentase continuamente el hogar.

Cargado el horno, se pone sobre la parrilla leña en trozos pequeños, y se prende fuego. En seguida se ponen á la entrada algunos carbones gruesos, que arden inmediatamente por el tiro dado á la estremidad del horno; la chimenea absorbe el humo; la llama, reflejada por las paredes de la bóveda, la enrojecen durante las seis horas que viene á durar esta operacion; la cal se calcina lentamente, y el agua se evapora gradualmente; arde el carbon y se establece el tiro. La chimenea de *llamada* que está en la parte esterior de las

paredes del horno debe entonces cerrarse con el registro de fundicion, colocado en el estremo, y al mismo tiempo se cierra la entrada inferior del horno con la trampilla *d*. Se abren las del conducto *D*, y se alimenta el hogar. A medida que sube el fuego, aumenta el tiro y se va estrechando el orificio superior del horno, corriendo gradualmente la trampilla *G*, con el objeto de disminuir el tiro, pues si se diese mucha salida al aire arrastraria demasiado calórico.

Cuando no se produce ya humo blanco, lo que indica que la piedra no contiene mas humedad, se activa el fuego hasta que aparezca en la parte superior; en este caso no se debe dejar al registro superior mas de diez centímetros cuadrados de abertura. Cuando el fuego aparece en la superficie, se abre el registro *h*, y se cierra herméticamente el *G*. El calor pasa por las aberturas *n* á la capacidad *B*, para quemar el yeso.

El horno de yeso *B*, puede tener cualquiera forma. Una larga abertura *O*, cerrada con ladrillos ú otro material, está dispuesto en la parte inferior para dar salida por *M* al yeso quemado. Para poder quemar este en pequeños fragmentos ó en polvo, se dispone el horno superior con un conducto inclinado y con tubos de hierro colocados sobre un carril, como se indica al tratar del yeso.

Sobre la parrilla se colocan astillas, virutas ó paja para que pueda prenderse fácilmente, y el carbon de piedra ó el combustible que se emplea, formando una capa de unos 35 centímetros de grueso, y sobre esta se coloca la primera capa de piedra, y así sucesivamente.

Observaciones relativas á la calcinacion por capas.

Los hornos en que se calcina por capas, se cargan por su parte superior, renovando las capas á medida que hacen asiento, por haberse consumido el combustible. Se estrae la piedra por la parte inferior cuando está calcinada, y se procura que esto se verifique sin interrupcion para que el horno no se enfrie.

La piedra se reduce generalmente al grueso del puño, colocándola como se ha esplicado al tratar de la calcinacion periódica, de modo que dejen huecos para el paso de la llama. El fuego se enciende cuando se han colocado cuatro ó cinco capas, y no se carga completamente sino á medida que se van encendiendo las capas inferiores; de otro modo, si estuviese cargado completamente y no hubiesen prendido las inferiores, seria necesario descargar el horno, produciendo por consiguiente un esceso de gasto este trabajo. Cuando se emplea hulla, se hacen mas gruesas las capas hácia el centro del horno que en las orillas, en la relacion de 4 á 5.

Cuando no penetra bien el fuego en algunos puntos, lo que se conoce en el color de las piedras superiores, se introduce á golpes

la tienta para abrir paso al calor. El tiro se establece del modo conveniente abriendo el cenicero.

Cuando las capas inferiores están ya calcinadas, disminuye mucho el humo, y entonces se saca la piedra calcinada con precaucion. Conviene estraer esta por varios de los registros inferiores cnando el horno es de gran diámetro, para que bajen las capas superiores por igual.

Generalmente se estrae la piedra calcinada cada veinte y cuatro horas, cuando los hornos son grandes, y cada doce en los pequeños. La piedra que se estrae por la parte inferior del horno en este caso es aquella que está ya fria, por haberse consumido las capas de combustible, y no se continúa esta operacion cuando las piedras que salen están calientes ó sale combustible encendido.

Horno misto para la calcinacion á gran llama y por capas. Figuras 47 y 48.

En una de las caleras mas acreditadas de Nantes se ha empleado con muy buen éxito el horno que describimos á continuacion, tomado del informe dado por una comision de la sociedad de Fomento de la industria francesa en 1854.

La cavidad del horno es un elipsoide truncado; la seccion de la parte superior ó boca es de tres metros de diámetro, y el de la inferior, correspondiente al hogar, de 80 centímetros. La altura de la cavidad 12 met.; el mayor diámetro por el vientre 4,5 metros.

Al nivel de la parrilla hay una portezuela con registro de palastro grueso para descargar el horno. Por debajo está el cenicero de ladrillo refractario con su registro, una gran escavacion bovedada en la parte inferior del horno permite descargar este, sin que moleste el calor.

A tres metros de altura sobre la parrilla vienen á terminar en el horno y á la misma altura cuatro conductos colocados simétricamente dos á dos de cada lado; entre cada dos de estos se eleva un macizo de mampostería de ladrillos refractarios, que sirven de estribos á la bóveda; hácia el medio de su longitud tienen estos conductos una parrilla con barrotes móviles para colocar el combustible. Los estremos esteriores de estos conductos terminan cada lado en dos cobertizos, donde están los fogoneros. Directamente debajo de estas cuatro aberturas están los orificios de los ceniceros con sus registros de palastro, que se abren en las capacidades donde están los fogoneros.

Las trampillas por donde se introducen la leña ó ramajes funcionan como los registros de un cenicero. Para la calcinacion se emplea turba, hulla ó antracita, que se coloca por capas.

La *camisa* del horno es de ladrillos refractarios, y detrás de es-

tos se emplea ladrillo comun; la parte esterior es de mamposteria ordinaria.

Este horno pertenece á los de fuego contínuo, llama ascendente y varios hogares laterales, y es análogo á los empleados en Prusia por Rurderdorft. Sin embargo, se distinguen de ellos por la mayor distancia que separa las parrillas de los conductos, por la facilidad del empleo de varias clases de combustible, y por una parrilla inclinada que sirve para tamizar la cal cuando se descarga. Una de las ventajas de este horno es la de permitir al fogonero, segun la urgencia, cambiar el combustible, activar ó retrasar el fuego, á voluntad, por medio de los registros, y poder suspender la calcinacion sin tener que enfriar el horno, cargarle y encenderle de nuevo, y en fin, suministrar cal muy limpia y cenizas exentas de escoria.

Para usar este horno empleando el sistema de calcinacion á gran llama, se llena completamente con la caliza partida en trozos de 30 á 40 centimetros, se cierra la trampilla de descargar y la del gran cenicero; despues se encienden simultáneamente el combustible de las cuatro parrillas y se cierran los hogares. A las tres ó cuatro horas puede la llama atravesar toda la caliza, debiéndose sostener el fuego de las parrillas de modo que esté en actividad el tiempo necesario.

La caliza que se cree ya calcinada se estrae por el registro inferior, y se reemplaza por la parte superior del horno.

Hay necesidad de tener la precaucion de abrir el gran cenicero lo necesario solo para vaciarle del polvo de cal; el vaciar los ceniceros de los hogares laterales; el quitar el escedente de brasas de las parrillas para tener mejor tiro y resguardar el hogar correspondiente, segun sea la direccion del viento, por medio de zarzas, ramas, etc.

Cuando quiera emplearse hulla por combustible, despues de llenar de caliza el horno hasta los orificios de los hogares, se forma con leña ó ramaje menudo una capa de 50 centimetros de espesor; encima se coloca una capa de hulla de 9 á 10 centímetros; encima otra de calíza de 60 centimetros, y así sucesivamente hasta la boca del horno.

La duracion media de la calcinacion es de 48 horas; pero es preciso al menos 72 para que se enfrie la cal.

Hay que hacer una advertencia importante y es que el polvo de la cal se mezcla con la ceniza de la hulla, y es necesario despues de cada recargo vaciar el gran cenicero.

Las prescripciones anteriores conservan su importancia en el caso de la calcinacion, empleando la antracita ó la turba ; pero con este último combustible tan ligero y abundante en cenizas, hay que

disminuir el espesor de la capa de caliza una mitad próximamente, y es necesario sacar de hora en hora un hectólitro de cal á fin de estraer las cenizas y avivar el fuego. El resultado obtenido ha sido de siete hectólitros de cal por hectólitro de hulla. Un horno de 40 metros cúbicos de capacidad se presupuesta en la memoria en unos 30,000 rs., y en 76,000 uno de 120 metros cúbicos.

Descripcion detallada.

Figura 47.—Seccion vertical por AB de la figura 48.

Figura 48.—Seccion horizontal por CD de la 47.

A suelo; *B* trampilla del registro del cenicero central; *C* parte interior del cenicero revestido de ladrillo; *D* parrilla; *E* ventanilla del registro para descargar; *FFF* aberturas de la bóveda en la parte inferior del horno que conducen á los registros para descargar el cenicero; *G* cubeta del horno; *H* boca; *I* camisa de ladrillos refractarios; *J* macizo de mampostería; *KK* cobertizos para los caleros; *LL* bóveda delante de los hogares; *MM* entradas para el combustible en la parte anterior de los hogares con trampillas; *NN* parrilla de barrotes movibles; *OO* aberturas de los hogares en el interior del horno; *PP* bóvedas de ladrillos refractarios colocados sobre los hogares; *QQ* aberturas de los ceniceros con sus trampillas; *RR* ceniceros; *SS* bóvedas sobre los conductos de los ceniceros; *TT* macizos de mampostería revestidos de ladrillos refractarios que separan los hogares y sirven de estribos á la bóveda.

Calcinacion simultánea de varios materiales.

Se ha tratado algunas veces de verificar la coccion simultánea de la cal y del ladrillo ó tejas, para lo cual se coloca la piedra hasta cierta altura, y sobre ella el ladrillo de canto.

Este método tiene el inconveniente de que las hiladas del ladrillo ó teja se descomponen por el asiento de la cal, lo que hace se deformen ó rompan; para evitarlo se hace un suelo de claraboya, que divida en dos partes el horno, siendo preferible una rejilla de hierro para que no se pierda tanto calor como resulta cuando se hace de claraboya de ladrillo ó piedra.

Estas operaciones simultáneas son inconvenientes en general, pues no es fácil que el grado de calor necesario para la cal, lo sea para el ladrillo, resultando la coccion imperfecta en uno ú en otro material.

La operacion inversa de la anterior, es decir, la calcinacion de la cal por el calor perdido de los hornos de ladrillo, produce en general resultados mejores y es económica, porque el grado de calor que exige el ladrillo, es mayor en general que el de la cal.

Tambien se aplica para la calcinacion de la cal el calor perdido de los altos hornos de fundicion y de las forjas, disponiendo los hornos para la cal, bien sea en las plataformas superiores de estos, ó al

costado, y dirigiendo la llama convenientemente por aberturas practicadas en la parte inferior del horno de cal.

En Inglaterra Heasthone aplicó el calor producido en la fabricacion del coke para la calcinacion de la cal, consiguiendo mucha economía por este medio. El coke se fabrica en dos hornos bajos laterales rectangulares, cubiertos con bóveda rebajada. Horno de cal fumívoro.

La calcinacion en los hornos comunes tiene el grave inconveniente de producir gran cantidad de humo, el cual no solo es mal sano y molesto, sino que ademas produce un sabor desagradable en los frutos que se cultivan en los campos próximos á los hornos: así es muy ventajoso evitar este inconveniente, lo cual ha realizado M. Bidreman en sus caleras de Lyon, habiéndose generalizado su uso en otras provincias de Francia.

Los hornos fumívoros que ha construido, son de forma elíptica como los altos hornos de fundicion, y en su parte superior tienen una chimenea de palastro de 20 á 25 metros de altura. El diámetro del horno en el vientre ó parte mas ancha es de 2,4 met. y 0,65 met. en la boca; la altura hasta la chimenea de palastro 8,50 met.; se arregla la salida de los gases por medio de un registro, verificando la carga por una trampilla lateral que puede abrirse y cerrarse convenientemente. El horno es de fuego contínuo; se carga tres veces cada veinte y cuatro horas, verificándolo con la piedra muy mojada mezclada con el combustible que generalmente es residuo de coke de mala calidad y á veces hulla. Se dice que da cuatro veces mayor producto que otros hornos, y gasta unos 85 kilógramos de combustible por metro cúbico de cal.

Este horno no produce humo ni olor; al cargarle sale algo de vapor de agua y humo; pero cesa despues por efecto del gran tiro que produce la chimenea.

Hornos para calcinar la piedra caliza cuando está en fragmentos menudos ó en polvo, y para las puzolanas artificiales.

Cuando la piedra que se ha de calcinar está reducida á fragmentos muy pequeños, como sucede con algunas calizas tiernas ó margas que suelen obtenerse casi en polvo algunas veces, son necesarios hornos especiales que vamos á describir. Estos pueden tambien servir para *tostar* las puzolanas artificiales, y aun cuando no hemos tratado de ellas todavía, sin embargo, siendo los hornos que se indicarán aplicables á ellas, se evitará repetir la descripcion.

El horno de reverbero para *tostar* ó calcinar puzolanas descrito por Raucourt, está representado en seccion vertical, figura 49, y en Horno de reverbero. Fig. 49 y 50

seccion horizontal figura 50; *a b* es el suelo del horno cubierto con una bóveda muy rebajada. Sobre este suelo se colocan los fragmentos que se han de calcinar, formando una capa de algunos centimetros de espesor; *C* hogar con parrilla y cenicero; *B* conducto del aire; *gh* tubo en que se echa por medio de una tolva el polvo que se ha de tostar. La chimenea puede ser de hierro revestida esteriormente de ladrillo fortificado con aros de hierro.

Cuando se ha encendido el fuego, se echa el material que ha de tostarse en la tolva, y se hace caer al horno *o o*. Con una rastra que se introduce por la portezuela *e f*, se estienden en el suelo del horno los fragmentos que se han de tostar; de tiempo en tiempo se remueve y se sacan por *e*, cuando se crea suficientemente tostado; *q* parrilla.

Horno de tubo. Figura 51.

La figura 51 representa la seccion vertical de un horno llamado de *tubo; i* es el hogar con su regilla y cenicero cerrado por la trampilla *k*: la chimenea *a a b d* es curva con un tubo central; *g h* de chapa de hierro de forma parelográmica de 50 centimetros de longitud por 7 centimetros de seccion; la parte inferior está espuesta al mayor fuego y deberá permanecer enrojecida.

T N es una tolva por donde se echa el material, la trampilla *c* está agujereada para que pueda introducirse el aire.

Cada 10 ó 15 minutos se abre *c* y se vierte en *d* el material, ya tostado que saldrá por sí mismo, y se va reemplazando por el de la parte superior.

Hornos de caja. Figuras 52 y 53.

El horno llamado de caja está representado en la figura 52, seccion vertical, y 53 seccion horizontal por AB. El hogar es análogo al de un horno comun; *c* es la parrilla para el combustible; *k* trampilla para dar entrada al aire, el cual precipita la llama al interior, y el calor se dirige por *a b* para salir por *g h*. El material tiende sin cesar á bajar y salir por debajo; el material de la parte superior se calienta gradualmente.

Tostado el material de la parte inferior, se tira de las tres cajas de hierro *p q r*; de modo que la del lado *p* vacía queda en el medio; entonces el material de la chimenea, ya tostado, baja, llena esta caja *p*, y es reemplazado al instante por el de la parte superior. Pueden colocarse en *o* llaves para arreglar el descenso.

El tubo *g h* puede bajar á voluntad para que si el tiro disminuye, se pueda activar convenientemente.

Las cajas *p g q r* están unidas por medio de ganchos y colocadas sobre roldanas.

f es un hueco que se deja con el objeto de que circule aire alrededor del material que baja por la chimenea; *t t* es la tolva.

El horno llamado de *doble tostado* está representado por las secciones verticales en el sentido de la longitud y del ancho figuras 54 y 55. En este el hogar, los ventiladores y la chimenea son idénticos al descrito anteriormente. Está compuesto de dos bastidores de hierro forjado cubiertos con chapas que dividen el interior en tres partes. El fuego circula en todas, calienta hasta enrojecer las chapas, y sale por la chimenea calentando al mismo tiempo el material que esta contiene.

Horno de doble tostado. Figuras 54 y 55.

El descenso del material le arregla el obrero apoyándose en *g* por medio de la palanca *st*; levanta las chapas *qq*, *rr* que giran alrededor de puntos fijos, bajándolas despues. El sacudimiento que se produce en este movimiento hace caer los materiales que están sobre las chapas, y corren estos por el plano *v v* hasta la cavidad *A* de donde se saca con palas; *h* es el tubo, *b* tolva, *B B* registro para sacar el material, *C* id. para arreglar las chapas, *j e n u* hueco del horno, *k* cenicero, *l* hogar; *o* corredera.

Estos hornos consumen poco combustible calentando gradualmente el material, lo cual conviene verificarlo para que pierda el esceso de agua antes de enrojecerse.

Vicat indica los siguientes inconvenientes de algunos hornos propuestos para tostar las puzolanas.

Dificultades del tostado de las puzolanas.

Los hornos de reverbero producen poca intensidad de calor, y hay desigualdad en la distribucion de este; pero son suficientes para el tostado de las arenas del gneis. El mismo inconveniente tiene lugar en todos los hornos en que se estienda por capas el polvo que se ha de tostar á consecuencia de distribuirse mal la llama.

Tiene que procederse lentamente al tostado, porque si se echara el polvo de la arcilla sobre una superficie candente, se disiparia.

Para salvar las dificultades espuestas, propone Vicat colocar los fragmentos ó polvo que se ha de tostar en una série de cilindros movibles de fundicion, cerrados por sus estremos, con un agujero central en la chapa circular del cierre. Estos cilindros se colocarian en una capacidad cuyas paredes no diesen paso de calor, y esta comunicaria con el hogar de modo que la temperatura de los cilindros mas próximos de este hogar se mantuvieran á un grado determinado, decreciendo de abajo arriba. Al tratar del yeso describimos un horno fundado en principios análogos á los indicados por Vicat.

Advertencias generales sobre la calcinacion de la piedra caliza.

La relacion entre la altura y el diámetro mayor de la capacidad interior de los hornos parece conveniente sea de *dos* á *una* cuando

Proporciones de los hornos.

se trate de la calcinacion periódica á gran llama, con el objeto de que pueda llegar hasta la parte superior el calor necesario; lo cual seria mas dificultoso haciéndolos de escesiva altura relativamente á su diámetro.

Cuando los hornos son de menor diámetro en la boca, debe tener esta un tercio ó algo mas del gran diámetro interior, y la abertura del hogar una cuarta parte próximamente de altura y ancho.

En los hornos para calcinacion contínua será conveniente dar á su altura tres á cuatro veces su ancho, pues aunque no llegue el calor necesario para la piedra de la parte superior, la prepara, y cuando se estrae la de la parte inferior y baja, tarda ya menos en calcinarse.

A veces un horno de una misma forma suele dar resultados diferentes, segun sean las diferentes circunstancias en que se encuentre la calcinacion. Vicat cita uno, cuya forma era de cono invertido, que daba muy malos resultados, llenándole escesivamente de modo que rebosase la piedra, produciéndolos despues muy buenos, con llenarle hasta la boca solamente, y al mismo tiempo distribuir mejor el combustible.

La colocacion de un segundo hogar á cosa de los dos tercios de la altura contribuiria á distribuir mejor el calor y á economizar combustible.

Preparacion de la hornada. Precauciones durante la calcinacion á gran llama.

Es necesario observar varias precauciones en la calcinacion á gran llama, las cuales vamos á indicar. Colocadas las piedras en el horno se prende fuego á las retamas ó ramajes para preparar lentamente la calcinacion, sosteniendo aquel durante diez á doce horas. Esta precaucion es tanto mas necesaria cuando se emplea turba de combustible: un fuego violento podria descomponer la piedra y la bóveda sobre la cual insiste esta.

Al principio de la calcinacion el agua de cantera que contiene la piedra se evapora sucesivamente, y al cabo de las horas indicadas, dicha piedra queda libre de ella. Entonces se ennegrece, y debe sostenerse el fuego hasta que recobre su color; desde entonces puede ya írse cargando de combustible el hogar.

Cuando al principio de la calcinacion recibe la piedra golpes violentos de fuego, la superficie de aquellas sobre las cuales ejerce su accion pasan al estado de cal, si la caliza es pura; pero cuando es arcillosa, snele convertirse en escoria formando una costra que impide se calcine la parte interior.

La piedra debe disminuir de tamaño á medida que está mas separada del hogar; del mismo modo debe tenerse la precaucion de colocar las piedras mas gruesas en la parte central del horno, por-

que estas reciben un calor mas directo é intenso; tampoco deben ser demasiado grandes. Un tamaño de 7 á 10 centimetros puede adoptarse en general como tipo.

Es necesario colocar las piedras que se han de calcinar de modo que no obstruyan las parrillas, para lo cual se forman sobre estas con las piedras mayores pequeñas bóvedas de forma ojival, colocándolas de modo que estén mas salientes á medida que se elevan hasta cerrar estas.

Sucede á veces que es repelida la llama sin llegar á la parte superior del horno, por efecto de la rarefaccion del aire. En este caso se debe cerrar la trampilla del horno, y cuando la llama sale por la boca, se sostiene con fuego igual, pues de lo contrario hay esposicion de perder la hornada.

Cuando se echa el combustible para encender el fuego, en la calcinacion á gran llama, se produce una corriente entre las paredes interiores del horno y la piedra, causando perturbaciones que á veces estropea la hornada. Esto se evita en parte disminuyendo lo posible la boca superior del horno.

Cuando se quema madera ó leña debe disponerse en forma de parrilla, cruzando los leños para que circule el aire, y no emplearla muy gruesa.

La turba debe esparcirse sobre la parrilla del hogar, teniendo cuidado de removerla durante la combustion, y limpiar las parrillas de las cenizas que se apegotan.

El carbon de piedra se estiende en una capa de 12 centimetros próximamente de espesor, usando trozos como de 8 centimetros, sin apretarlos para que circule el aire y la llama. Se mantiene un fuego moderado añadiendo el combustible con cuidado, sin emplearle demasiado menudo, lo cual obstruiria la parrilla, y no debe removerse mucho.

El carbon vejetal se coloca tambien de modo que pueda circular el aire.

Es conveniente que entre todo el aire necesario por el hogar para que haya una combustion activa é igual; pero el esceso estableceria una corriente de aire frio que retardaria la calcinacion. Para conseguir esto en los hornos que no tienen respiraderos dispuestos convenientemente, se debe tener la precaucion de cerrar en parte la trampilla del hogar.

Cuando reinan vientos fuertes es necesario abrigar la boca del horno del lado que soplen, y para ello basta observar la direccion de la llama. Cuando no tienen trampilla los hogares, se preservan con esteras ó con los haces del combustible.

El tiro ó corriente demasiado fuerte ocasionaria mayor gasto de combustible. Los *golpes* violentos de aire producen los *golpes* de fuego en la piedra, ocasionan tambien esceso de gasto de combustible, hacen que se tarde mas en la operacion, y aun suelen estropear alguna parte de la hornada. Se reconocen tambien estos efectos en el color oscuro que adquieren las piedras del bovedado.

Influencia del aire en la calcinacion.

El contacto del aire influye tanto en la calcinacion, que haciendo la esperiencia de introducir la caliza en un fusil herméticamente cerrado por ambos estremos y puesto al fuego, no puede transformarse en cal. Tambien se ha esperimentado que una caliza arcillosa pierde una gran parte de su energía por calcinarla por capas en vez de verificarlo á gran llama, en cuyo sistema puede haber mas corriente de aire.

Influencia del vapor de agua.

Petot dice que el calcinar la piedra húmeda todavía con el agua de cantera, ó regarla al cargar el horno, segun recomiendan algunos constructores, no produce los resultados que suponen, pues el agua se evapora antes ques pueda manifestarse ninguna accion química. De emplear madera verde para combustible, ó regar este, resulta que el calórico que hace latente el agua para reducirse á vapor enfría bruscamente la llama y se opone á la completa combustion del gas carbónico.

En los esperimentos que hizo el referido ingeniero para ver la influencia que el vapor podria tener en la calcinacion, no obtuvo ventajas respecto de la duracion ni economía de combustible, y solo considera conveniente el empleo del vapor para evitar el esceso de calcinacion ó vitrificacion de la piedra de la parte inferior de la hornada para preservar la parrilla de los efectos de un fuego violento.

Intensidad del fuego. Descripcion de varios pirómetros.

El fuego debe darse por grados; el quemado de la cal exije un calor de 15° á 30° del pirómetro de Wedgood. Un grado de este equivale á 72 del termómetro centigrado.

Pirómetro de Wedgood. Figura 56.

El pirómetro citado, figura 56, está fundado en la contraccion que esperimenta la arcilla al calentarse. Se compone de una escala de corredera, que suele ser generalmente de cobre, cuyos lados forman un ángulo muy agudo, la cual está dividida para apreciar el grado de calor. Hay tres reglas *a*, *a*, *a*, sobrepuestas á otra.

La escala está dividida en 240 partes; el punto *cero* grados, que está en el estremo mas ancho de la corredera, corresponde á 580 grados, centígrados.

b es un cilindro de arcilla cocida, cuyo diámetro es igual al mayor ancho de la corredera, y cuya altura se compara con la escala anterior.

Para hacer uso del pirómetro se echa el cilindro en un crisol, y

se coloca para mas comodidad de la operacion entre uno de los huecos de las piedras que se calcinan; despues de permanecer así algun tiempo, se saca y se introduce dicho cilindro entre las correderas de la escala graduada, y se vé el punto de estas á que llega, lo que indica la contraccion de la arcilla, y por consecuencia el grado de calor del horno.

Las aristas de una de las bases del cilindro están chaflanadas para no confundirlas, por ser mas exacto el introducir siempre este en la misma direccion siendo generalmente la arista superior chaflanada la que sirve para contar los grados. Se hace una muesca á lo largo del cilindro de arcilla. paralelamente al eje, para que resbale mejor por la ranura.

Este pirómetro es muy imperfecto, y solo puede emplearse como un medio de aproximacion.

El pirómetro de Brogniart, empleado en las fábricas de porcelana, sirve para determinar en los hornos términos fijos de calórico. La figura 57 representa este instrumento; *a b* es una varilla de platina sostenida por otra *m n*, tambien de metal. El estremo *m* está empotrado sólidamente en la parte interior, y el otro se apoya en el estremo de una palanca acodada *c d c'* que puede girar en *d*; *c' d* debe ser mas largo que *c d* en la relacion de ciento á uno; por ejemplo. Esta parte está colocada esteriormente al horno, indicando en un arco graduado, *e f*, cuyo centro está en *d*, las dilataciones de la varilla de platina *a b*, colocada en el interior de aquel. Si se dilata, por ejemplo, $0,^{m}001$, subirá esta cantidad el estremo *c* de la palanca, y hará andar el estremo de la aguja otro tanto; de modo que espresará el desplazamiento de la rama menor en la relacion que haya entre *c d*, y *c' d*. Pirómetro de Brogniart. Figura 57.

Este pirómetro dará temperaturas comparativas entre focos dados, pero no proporcionales, de modo que puedan compararse con las termométricas.

Este pirómetro tiene el defecto de que el calor que puede comunicarse al sólido en que se apoya y al indicador, producirá cierta dilatacion en él.

Para disminuir el error que puede producirse por esta causa, Jauvier propuso emplear dos ram as acodadas en vez de una, ambas con sus círculos graduados. Estando de este modo la barra mteálica colocada entre dos puntos de apoyo fuera del horno, repartirá los efectos de la dilatacion próximamente por mitad en las dos agujas, y la suma de grados que señalen ambos círculos marcará la dilatacion de la barra, compensandose los errores. Modificacion de Jauvier.

Tambien hay otro pirómetro, llamado de aire, que consiste en Pirómetro de aire.

una esfera de platina con un tubo del mismo metal de pequeño diámetro; al estremo de este se une un tubo manométrico de vidrio, que comunica por el otro estremo con la atmósfera. Este tubo se llena de mercurio, á la misma altura en las dos ramas, é introduciendo la esfera en el foco de calor, se puede saber los grados de él; pero este aparato no parece de tanta aplicacion como el anterior para el caso que nos ocupa.

Observaciones sobre el tiempo empleado en la calcinacion.

Concluida la calcinacion de la cal, se apaga el fuego, disminuyendo lentamente el calor; pero es conveniente mantener cerrada la trampilla del hogar, y aun tapar la boca del horno. A las seis ó siete horas está ya en disposicion de sacarse, debiendo quedar abrigada ó emplearse pronto.

No pueden darse reglas fijas del tiempo que se necesita para calcinar una hornada de cal, pues depende de las dimensiones del horno y de su disposicion, de la calidad de la piedra y del combustible, etc.; pero hay algunas señales que indican cuándo se puede considerar suficiente la calcinacion. Estas son: asiento de la caliza, el cual suele ser de una sesta parte de la altura, cinco ó seis horas antes de concluirse la operacion; la llama sale casi sin humo y blanca, y la piedra cambia de color, poniéndose el interior de la masa de piedras de color rojo, fuerte ó rosaceo. Los diferentes colores que adquiere la llama son el negro al principio de la calcinacion, y sucesivamente gris, rojo-violado, azulado, y finalmente, el color blanquecino amarillento.

Para examinar prácticamente si la piedra está calcinada, se pueden sacar algunas, se apagan y en la lechada se echan gotas de ácido nítrico; si no hay efervescencia, es señal que todo el ácido carbónico se ha desprendido, y por consiguiente la cal está bien calcinada. Un método práctico, aconsejado por Petot, consiste en introducir una tienta de hierro entre las piedras, si se encuentra gran resistencia para introducirla, si hay choque entre los materiales, no está todavía bien; si penetra fácilmente como si se introdujese por entre grava, está concluida la operacion.

Cuando por un accidente imprevisto, ó bien espresamente, no se ha podido calcinar de una vez la hornada, habiendo tenido que dejar enfriar el horno, puede sin inconveniente volverse á continuar para concluir la calcinacion.

Influencia del grado de calcinacion en las cales.

La caliza pura, ó casi pura resiste bien el fuego intenso; pero las calizas arcillosas cuanto mas domina en ellas la sílice, se *frien* ó *escorian* con mas facilidad; por esta razon es conveniente, segun Vicat, suplir la intensidad del fuego por su duracion; sin embargo, Petot indica cuáles son las reacciones químicas que se verifican al des-

componerse la caliza por efecto de la calcinacion, y dice no puede desprenderse el ácido carbónico sino por el aumento conveniente de la intensidad del calor, lo cual no puede suplirse por su duracion.

La piedra caliza que contiene otras materias cuando está demasiado calcinada, se hace pesada, negruzca, y se cubre de una especie de esmalte, se apaga con dificultad y pierde su energía.

Tanto las calizas puras como las que contienen mezclas accidentales, cuando están mal cocidas se apagan con dificultad, quedando una especie de núcleo sólido. Distintos grados de calcinacion pueden hacer perder á una caliza del 10 al 40 por 100 de su peso, produciéndose subcarbonatos, de los cuales unos fraguan en el agua y otros no. En general, de los esperimentos verificados por Vicat, resulta que sea *completa* ó *incompleta* la calcinacion de una caliza arcillosa, no dejará de producir un cemento con tal que la relacion de la arcilla á la cal cáustica (despues de la calcinacion), no esceda de 295 partes de arcilla por 100 de cal. Esto permite gran latitud en la calcinacion de los cementos.

Las cales *límites* muy calcinadas presentan circunstancias notables que Vicat ha estudiado, y de que vamos á dar cuenta.

Al salir del horno se apagan con dificultad por los métodos comunes, y mucho mas cuando han estado espuestas al aire algun tiempo; así que parece natural tratarlas como á los cementos, es decir, pulverizarlas y amasarlas segun se hace con aquellos, empleándolas como el yeso. En este caso fraguan pronto produciendo algo de calor; pero al cabo de algunas horas se hienden y pulverizan, ó se ablandan, verificándose en este tiempo una estincion lenta. Para sacar partido de ellas en este caso, hay que amasarlas de nuevo, reduciéndolas á pasta homogénea; pero quedan solo con la energía de una cal muy poco hidráulica. Por esto es muy aventurado el empleo de dichas cales.

No habiendo ningun medio práctico para distinguir á primera vista las calizas límites ó hidráulicas mal calcinadas de las que lo están *bien*, y aun menos el arreglar el calcinado, de modo que se espulse uniformemente el ácido carbónico, resulta que pulverizando estas calizas arcillosas para mezclarlas indistintamente en los morteros, en vez de mejorar este se introduce un agente destructor, á lo cual puede atribuirse los deterioros de algunas obras en que se emplean cales hidráulicas. Cuando se amasa el mortero en los aparatos que se describirán, no hay tanto peligro por diseminarse y mezclarse con el todo los fragmentos nocivos.

Vicat en una memoria inserta en los *Anales de puentes y calzadas* de Francia de 1851, da á conocer los resultados que obtuvo con

Cementos escesivamente calcinados.

un cemento calcinado escesivamente hasta reblandecerse, y desechado en cierta fábrica. Hechas algunas pruebas vió que adquiria una dureza mayor que cementos que habia examinado anteriormente, lo cual estaba en contradiccion con los esperimentos anotados en sus memorias anteriores; por lo que volvió á estudiar los efectos citados para deducir cuales eran las circunstancias que podian dar lugar á estos fenómenos.

Los cementos muy calcinados empleados en el agua ó debajo de arena muy fresca, observados solo hasta poco tiempo despues de haberse empleado, dedujo Vicat podian dar lugar á varios efectos; los unos permanecen un mes ó mas tiempo *inactivos*; otros solo algunos dias, y otros menos de una hora; pero ninguno endurece tan pronto como los que están calcinados moderadamente; por consiguiente, si la observacion se reduce á esta primera época, podrá inducir á error.

Prolongando la observacion uno ó dos meses despues del fraguado, dice el referido Vicat, que sorprende el progreso de endurecimiento y el grado de cohesion que adquieren; no hay morteros hidráulicos ni mezclas puzolánicas que puedan compararseles, pues ínterin aquellas podrian resistir solo de 12 á 15 kilógramos por centímetro cuadrado, los escesivamente calcinados llegan cuando se emplean puros á esta resistencia en pocos dias, y concluyen por resistir á 50 kilógramos, resistencia superior á la de las calizas litográficas. La intervencion de la arena en la proporcion de dos volúmenes por uno de cemento disminuye la cohesion en mas de una mitad. De todos modos estos cementos resuelven el problema de las piedras artificiales iguales en dureza y densidad á las calizas compactas; pero no pueden mantenerse sin alterarse en todos los medios por ser silicatos hidratados de alúmina y cal, los cuales se mantienen al término de desecacion aparente con 15 á 18 por 100 de agua.

Al aire libre se contraen, lo que tiene que remediarse con la mezcla de arena. Para mantener estos compactos y duros, tienen que estar en inmersion constante, ó preservados de la desecacion esterior.

El análisis hecho con los cementos escesivamente calcinados, da alguna luz relativamente de los fenómenos espresados. Los que fraguan mas lentamente son en general los que pertenecen á las calizas margosas, en cuya arcilla entra la alúmina en la proporcion de una cuarta parte de esta ó menos. Las mas prontas en fraguar son por el contrario aquellas en que la alúmina constituye al menos una tercera parte de la arcilla. Cuando falta esta base ó escasea demasiado, no puede reblandecerse aun con el fuego mas violento.

La alúmina de la arcilla parece por consiguiente ser el principal agente para un endurecimiento pronto; pero los esperimentos no han podido verificarse en una variedad suficiente de cementos para que puedan asignarse las dósis *precisas* á que corresponden los diversos grados de prontitud en su endurecimiento.

Seria necesario hacer esperimentos para ver si todas las calizas margosas, que calcinadas al grado ordinario producen cales eminentemente hidráulicas ó límites, se transforman en cemento por una fusion pastosa, ó sea por haberse calcinado escesivamente hasta el reblandecimiento.

Los cementos calcinados hasta convertirse en escoria de modo que producen chispas con el eslabon, los considera Vicat de escelente uso para construir mamposterías hidráulicas tan resistentes al cabo de ocho ó diez dias, como la mejor de esta clase.

Deben emplearse en este caso con arena. El gasto de combustible es mayor y mas difícil su pulverizacion; pero habrá casos como en las filtraciones de esclusas, puentes, etc. que sea el mejor medio de obtener un éxito completo. Con los cementos escesivamente calcinados hasta reblandecerse, dice se podrian construir masas *monolitas* que resistiesen á las olas y choques de las piedras del mar.

Observaciones de Villeneuve sobre los *subcarbonatos*.

Resulta de las observaciones hechas por Villeneuve comunicadas á la Academia de Ciencias de Paris en 1850, que los *subcarbonatos* ó calizas *incompletamente* calcinadas dan orígen á productos análogos á las cales límites. Cuando se humedece débilmente antes de pulverizarse obran á la manera de cementos, y pueden emplearse solos ó mezclados con las cales hidráulicas.

Cuando se ayuda la accion del agua sobre los *subcarbonatos* por el calor, se deslíen y obran como la cal; si la temperatura se eleva, entonces los fragmentos mal calcinados actúan como una mezcla de cal ordinaria y carbonato neutro; fenómeno parecido á la accion descomponente ejercida sobre las cales hidráulicas, cuando se las ataca por una gran cantidad de agua caliente.

Dice Villeneuve que ha llegado á obtener una cohesion persistente, no solo con los *subcarbonatos* de cal hidráulica, sino tambien con los que provienen de calizas comunes. Que el ácido carbónico produce la hidraulicidad, no solo por combinacion directa, sino tambien indirecta, de un modo análogo á las puzolanas: así el cemento y las cales hidráulicas que, por una larga esposicion al aire se han cargado de ácido carbónico, pueden mezclarse con la cal co-

mun y producir el efecto de las puzolanas mas activas (1). Verificada la pulverizacion de morteros de cal hidráulica solidificados hacía cuatro años, el autor ha obtenido una verdadera puzolana que hacia fraguar á un mortero de cal comun á las catorce horas de sumergido en agua. El ácido carbónico es el *principio* hidraulizador mas económico, pero no da la mayor cohesion á los morteros y cementos.

Otra observacion de Villeneuve es que una calcinacion llevada hasta *cerca* de la escorificacion, hace sufrir á las calizas arcillosas una nueva disposicion molecular, que las aproxima á las propiedades de las cales límites comunes. Tambien dice que los principios de *hidratacion* favorecidos por el calor, ó atenuados por la aspersion incompleta, dan productos que son de una cohesion muy notable, y que ha llegado de este modo á fabricar cementos que, por su dureza, podrian rayar al mármol.

Los productos que dan los mejores resultados en este género, son los que provienen de las calizas arcillosas, ricas en alúmina, que son tambien las que esperimentan al fuego la mayor contraccion.

Resulta de lo que precede que los productos variados de la calcinacion de las piedras calizas tienen cada una un grado de utilidad diferente.

Las consecuencias prácticas de estas observaciones son tales, segun Villeneuve, que se podrá obtener económicamente morteros hidráulicos en casi todas las localidades donde hay calizas, y aprovechar los diversos productos de calcinacion desigual de las caleras.

Nos ocuparemos mas estensamente de los subcarbonatos al tratar del empleo de las cales en las aguas de mar, esponiendo resultados que hacen mirar con desconfianza las conclusiones de Villeneuve.

Calizas magnesianas. Investigaciones de Signoreli sobre su calcinacion.

En una *Memoria* publicada en 1854 por el ingeniero italiano Signoreli, da cuenta de sus observaciones sobre las calizas hidráulicas magnesianas, y dice que calcinando estas con madera ó leña, producen buenos resultados, lo cual no tiene lugar empleando hulla.

Aunque consideraba que la magnesia juega un papel principal en los fenómenos, sin embargo le parecia debia intervenir tambien el ácido sulfuroso desprendido de la hulla durante su combustion, formándose sulfuros de cal, y aun sulfatos de cal y magnesia.

(1) Se fundaba Villeneuve quizá para esta deduccion en la indicada por Vicat en su *Memoria* de 1851; pero, segun se verá en la seccion sesta, no ha resultado ser exacto.

Para investigar estas influencias verificó el espresado ingeniero varios análisis, de los cuales dedujo *que hay en la cal magnesiana calcinada con hulla, sulfato de cal, que permanece en esta y altera las proporciones, y que entran en reaccion por via húmeda.*

Respecto de estas investigaciones, opina Vicat que, á pesar del interés que presentan, quedan todavía algunos vacios para darse cuenta completa de los fenómenos.

Terminaremos la parte relativa al calcinado haciendo algunas indicaciones sobre los combustibles que se emplean.

Eleccion de combustible segun sea el método de calcinacion.

Cuando se emplea el carbon vejetal, el coke ó hullas secas, los gases quemados llegan pronto á su mas alta temperatura, enfriándose á medida que se alejan del combustible. Lo contrario sucede con las maderas y las hullas grasas; en este caso la combustion se continúa mas allá de las superficies de contacto, y la temperatura no llega á su máximo sino al fin de le combustion.

Por estas circunstancias es mas conveniente emplear los primeros combustibles citados, colocándolos por capas alternadas con la piedra que se calcina, y los segundos en hogar separado, alimentando este contínuamente.

Las hullas grasas no pueden emplearse para la calcinacion por capas, pues se apegotan é hinchan, obstruyendo los huecos que deben quedar entre el material para el paso del aire necesario á la combustion.

Las hullas poco bituminosas, que contienen gran cantidad de carbon, dan poca llama.

Cuando se emplean leñas y ramajes son preferibles, si quiere obtenerse mucha llama, las maderas blancas y ligeras, como el pino blanco, las retamas, jaras, etc.; las maderas pesadas y las verdes es necesario partirlas para que ardan bien. Cuando haya diversas clases de estos combustibles disponibles, se debe empezar por las maderas blancas tiernas, y seguir con las mas duras.

Cuando se quiere trasmitir el calor á pequeñas distancias del hogar, los carbones vejetales, turba ó coke son los mas convenientes.

Segun Wetter y Despret, las cantidades de calor producido por los diversos combustibles son proporcionales á las cantidades de oxígeno absorbido por estos.

Potencia calorífica de varios combustibles.

Puede ser de mucha utilidad conocer los grados de potencia calorífica de diferentes combustibles que, segun Peclet, son los siguientes:

	Cantidades relativas de calórico.
Madera con 0,m20 de agua........................	1
Id. muy secas..	1,28
Carbon vejetal..	2,5
Hulla...	2,68
Coke..	2,2
Carbon de turba......................................	2
Turba secada á 60°..................................	1,88
Id. con 0,m20 de agua..............................	1,28

En cada localidad, cuando se trate de establecer una fabricacion, deben hacerse esperiencias con los combustibles de que pueda disponerse, pues puede constituir una de las partes principales de la economía la eleccion de aquellos. Estas esperiencias son convenientes, pues varian mucho los resultados, segun sea la calidad del combustible, que varia tambien en una misma clase, en particular en las hullas.

Colocacion del combustible.

Cuando se emplean leñas, conviene partirlas en astillas para que den la mayor llama posible. Dichas leñas, ó los ramajes cuando se usen, conviene colocarlos en el hogar de modo que se crucen, formando parrilla, para que el aire circule mejor y active la combustion. Del mismo modo cuando se emplea la turba debe esparcirse sobre la parrilla, con el objeto de que no se apegote; de tiempo en tiempo debe removerse y quitar las cenizas para que haga el tiro conveniente.

Cuando se emplea la hulla, se pone sobre la parrilla una capa de astillas dispuesta de modo que dejen claros entre si, y sobre ella una capa de hulla de 10 á 12 centímetros sin removerla con demasiada frecuencia, pues en este caso se mezclarian los trozos pequeños con los mayores y obstruirian el paso del aire por la rejilla: solo se remueve generalmente cuando se apegota demasiado.

El carbon vejetal se coloca tambien de modo que se crucen los carbones en lo posible, y se tiene cuidado de removerlos de tiempo en tiempo.

Cantidades de combustible necesarias para la calcinacion.

La cantidad de combustible que se considera aproximadamente necesaria para la calcinacion, es la siguiente:

Para la leña una medida en volúmen de esta, por una de cal.

Para la turba 1,m95, por una de cal.

Para la hulla ó coke una por cinco de cal.

Para el carbon vejetal algo menos de dos por tres de cal.

TERCERA SECCION.

APAGADO Ó ESTINCION DE LA CAL Y CONSERVACION DE ESTA.

Propiedades de la cal viva.

La piedra caliza, despues de haber sufrido la operacion del calcinado, y antes que la humedad y los ácidos repartidos en la atmósfera (para los cuales tiene mucha afinidad) hayan empezado á obrar sobre ella notablemente, presenta diversas circunstancias que vamos á indicar. Decimos notablemente porque rara vez subsiste la cal viva sin esta influencia, en razon á la afinidad espresada.

La cal mas pura tiene despues de calcinada, un color muy blanco, es cáustica, infusible é inalterable al fuego, soluble en el agua; su peso específico en dicho estado es unas dos y tercio veces el del agua destilada (1).

Efectos que se producen al apagarse las cales.

Para convertirla en *cal apagada* ó *hidrato de cal*, ó como suele decirse en la práctica, en cal *muerta*, hay que procurar absorba el agua. Al verificar la absorcion, la cal pura ó con pocas mezclas accidentales, desprende calor, el agua se evapora, produce una especie de silbido, se hiende la cal y se deshace en polvo, aumentando considerablemente de volúmen, segun se ha indicado en su clasificacion.

Cuando las calizas contienen mezclas accidentales, como sucede con las arcillosas, se modifican los fenómenos de la estincion; así es que, á medida que contienen mayor cantidad de arcilla, la absorcion, el desprendimiento de calor, el hendimiento, etc., van siendo mas lentos, y en los cementos llegan á ser insensibles ó nulos, y por esta razon es necesario pulverizarlos mecánicamente para poderlos emplear despues de calcinados.

Hay varios métodos de apagar las cales, que son los siguientes:

Método ordinario ó de aspersion.

Primer método, llamado de *aspersion* ó *método ordinario*. Consiste en echar agua sobre la piedra calcinada, sea con cubos, con regadera ú otro medio. Es necesario que la cantidad de agua que se echa no sea escesiva, pues en este caso se verifica lo que comunmente se llama *ahogar* la cal. Este método es el que parece convenir

(1) El metro cúbico de agua destilada pesa 1,000 kilógramos.

mejor para la estincion de las cales comunes é hidráulicas, en particular cuando estas últimas se apagan á poco tiempo de calcinadas.

Se considera que está bien apagada la cal cuando ha quedado con una consistencia pastosa; cuando toda la masa está fria y no contiene *huesos* ó partes sin apagar. Para probar si se han verificado las circunstancias indicadas, se introduce un palo en diversos puntos, y se examina la cal que sale adherida al mismo.

Al apagar la cal se echará el agua en corta cantidad, dejándola despues producir su efecto, sin verter otra nueva hasta que haya cesado la fusion, pues de otro modo resultaria mucho *hueso*.

Aumento de volúmen.

Las cales comunes apagadas de modo que tengan una consistencia pastosa algo fuerte, producen en dicho estado dos á dos y medio volúmenes del que tenian antes de apagarse, y esta circunstancia es la que mas aprecian los prácticos que no conocen las propiedades de las cales hidráulicas, considerando como la mejor cal para cualquiera obra la que mas hincha; siendo así que la mayor parte de las cales hidráulicas, y las eminentemente hidráulicas, no pruducen mas que el de una cuarta parte á un medio de aumento.

Cales mal apagadas.

Cuando se echa el agua de golpe sobre la cal comun, se hiende á veces en seco en algunos puntos, y si se vierte de nuevo agua sobre estos, suele deshacerse con dificultad, quedando por consiguiente mal apagadas, siendo tanto mas notable esta circunstancia cuanto mas fria está el agua que se emplea, sobre todo en las cales comunes.

Las cales que se han aireado mucho despues de salir del horno, se hacen *perezosas*, es decir, se apagan despues lentamente, en particular cuando son hidráulicas.

Cantidad de agua necesaria para el apagado.

La cantidad de agua necesaria para apagar las cales es variable, segun sea su calidad; para averiguarlo, se pesará un trozo de esta cuando esté sin apagar, y se pone en un vaso; en este se echa agua en mayor cantidad que la necesaria para que se apague la cal, y verificada la estincion se *decanta* el agua que queda en esceso, teniendo cuidado de que no se remueva la cal aposada. Pesando la lechada que resulta y restando lo que pesaba la cal viva se tendrá la cantidad de agua que ha sido necesario emplear para la estincion.

Modo de apagar la cal. Aparatos ideados para esta operacion.

Para apagar la cal por el método ordinario se dispone esta sencillamente en las obras sobre un suelo horizontal y seco, formando un recinto artificial alrededor del espacio que ocupa, con el objeto de mezclar con ella despues los materiales que constituyen los morteros.

Estos recintos se hacen comunmente con la misma arena que se ha de mezclar. Es mejor formar un *noque* ó alberca de poca profundidad con tablones ó de mamposteria cuando es obra de mucha du-

racion, lo cual es todavia mas conveniente cuando sean cales hidráulicas las que se apaguen. En este caso se estiende la cal en capas de unos 20 á 25 centímetros de espesor lo mas, y se echa el agua de modo que penetre bien en todos los huecos; pero teniendo cuidado de no echar una capa antes que se haya apagado la inferior.

No debe apagarse cuando se emplea esta clase de cales sino la precisa para usarse antes que pueda endurecer; deben tenerse dos albercas para este efecto, pues es necesario tambien que se deje durante doce horas ó mas para que se apague bien.

Con el objeto de obtener de la cal apagada ó mezclas la consistencia que se quiera, se disponen varias albercas escalonadas eligiendo cuando es posible un terreno con la pendiente necesaria. Se hace comunicar estos por medio de caños colocados á las alturas convenientes, con el objeto de que las lechadas mas claras pasen á las albercas inferiores.

Se empezó á emplear en Inglaterra, y se ha generalizado bastante, el uso de un aparato para apagar la cal que tambien tiene mucha aplicacion para hacer las mezclas de la cal con la arena, ademas de los aparatos que se describirán para este efecto al tratar de los morteros.

Está representado por la parte esterior en la figura 58; es un tonel de forma cónica con un árbol giratorio central, el cual tiene brazos con paletas ó cuchillos. En la parte inferior hay una trampilla corrediza para sacar la cal apagada. El árbol se hace girar por medio de una caballería ú otro motor. Figura 58.

La figura 59 representa el árbol giratorio con brazos atravesados por cabillas de hierro, y la figura 60 otra disposicion del mismo que puede adoptarse para remover mejor. Puede construirse fácilmente con duelas de madera como las cubas ó toneles comunes, ó bien de hierro. Figuras 59 y 60.

Segundo método.—El método de inmersion consiste en colocar la cal en un saco ó cesto é introducirla durante algunos segundos dentro del agua; á veces es necesario algunos minutos de inmersion, lo que depende de la clase de cal: se saca del agua cuando deja de absorver esta, lo que se conoce por cesar el pequeño ruido que produce la absorcion; pero siempre ha de verificarse antes que empiece la fusion pastosa. Debe apilarse la cal inmediatamente para concentrar el calor y facilitar el apagado. Método de apagado por inmersion.

Las cales comunes apagadas por este método, no retienen término medio sino 18 á 20 partes de agua por 100 de cal.

Las hidráulicas de 20 á 30 partes de agua por 100, lo contrario de lo que sucede en la estincion ordinaria, que absorven menos las

segundas. Cuando los trozos de cal son grandes, se apagan con dificultad por este método. Si se ha dejado la cal espuesta á la intemperie antes de apagarse, queda despues de la inmersion con mucho *hueso*; para evitar esto se reduce la cal que haya de apagarse por este método al tamaño de una nuez próximamente, y se coloca así que se saca del agua, en toneles ó capacidades en las cuales pueda concentrarse el calor qne despide el agua al evaporarse, y no teniendo salida obra sobre la cal y esta se apaga mejor.

Aumento de volúmen.

Las cales comunes apagadas por este método producen 1,50 á 1,70 por uno del volúmen que tenia antes de verificarse esta operacion; las hidráulicas de 1,8 á 2,18, midiendo la cal viva en polvo, y despues de apagada tambien en polvo suelto y sin apegotar.

Este procedimiento fue indicado por Lafage en 1777 como un secreto de los romanos. En el dia ya se está en el caso de apreciar debidamente cuando conviene emplearle segun la calidad de las cales.

Aparatos para la inmersion.

Se necesita un jornal de operario próximamente para partir, sumergir y apagar tres metros cúbicos de cal viva, lo que hace salga algo cara la operacion; para evitar esto se han ideado varios aparatos de inmersion; el mas sencillo es una percha flexible clavada en tierra, y sostenida en posicion algo inclinada por dos tornapuntas; en estas hay colgado un cesto de poco fondo por medio de una cuerda y un gancho, de modo que corresponda verticalmente encima de un tonel con agua: otro cesto igual se coloca debajo de una tolva que reciba la piedra. Cuando se haya apagado la cal contenida en el primer cesto, se sustituye por el que se ha llenado de piedra, y así sucesivamente.

Figuras 61, 62 y 63.

Raucourt describe el aparato representado en las figuras 61 y 62, que presentan la vista de costado y una seccion vertical, y en la 63 que figura detalles del molino. Un operario basta para manejarle, y vaciar el tonel *T* cuando se ha llenado.

a a es una tolva colocada á la altura de la trampilla del horno de cal, por ella se va echando piedra ya calcinada, y por medio de la manija *g* se hace girar el volante *C d*, cuyo piñon mueve la rueda *e f*. Esta hace girar en el interior de la tolva una pieza de fundicion *P* de forma angular, la cual quebranta los trozos de cal apretándolos en las paredes interiores *m n*; quebrantados estos, caen al cesto 2 que está suspendido por medio de un eje en la rueda *A B*, sujeta al travesero *E D* por medio de riostras *H h*.

Cuando está lleno el cesto 2 hace girar á la rueda por la accion de su peso; el 5 que estaba en 4 se vacia por medio de dos pequeñas varillas *i j* que le hacen girar sobre su eje: la cal que estaba en este

cesto cae al tonel *T*. El aro *A B* continúa su movimiento, el cesto 4 se aproxima á las varillas *i j*, y el cesto 1 viene á colocarse debajo de la tolva; entonces se para y queda sumergido el tiempo necesario para que se llene el 1 continuando despues el movimiento.

El tonel *T* se reemplaza por otro cuando está lleno, y el depósito de agua se debe tener siempre al mismo nivel.

El movimiento de la máquina se arregla segun el tiempo que cada clase de cal haya de permanecer sumergida, siendo dependiente el movimiento de la cantidad de piedra que suministre el molino; si quiere acelerarse, se consigue aflojando las cuñas *k l*, y de este modo se separan mas las paredes laterales *m n* de la pieza *P*, los trozos de cal resultan en este caso muy gruesos; ó bien se puede aumentar la fuerza poniendo mas operarios à los manubrios, ó disminuyendo la magnitud de los cestos 1, 2, 3, 4.

En el caso de que el molino suministrase demasiada cal, de modo que no diese el tiempo necesario á la inmersion, se emplean menos operarios. Colocando una tablilla en *x s* no caeria al molino mas que la cantidad de cal que se quiera.

Tanto el molino como las paredes, ruedas y estremos de los volantes son de hierro fundido, las cuñas *k l*, los ejes de los cestos y de las ruedas *A B* de hierro forjado; los cojinetes son de bronce, los cestos pueden ser de alambre.

Estos aparatos son algo complicados y caros, por lo que en general se usan los medios mas sencillos. Solo cuando hubiese necesidad de emplear gran cantidad de cal en obras de mucha duracion, podria tener cuenta el construir este ú otro aparato.

Tercer método ó estincion espontánea.—Consiste en colocar la piedra calcinada estendida en el suelo, formando una capa de unos 20 á 30 centímetros de espesor, espuesta á la accion de la atmósfera, debajo de un cobertizo para que el agua de las lluvias no perjudique. Estincion espontánea.

El desprendimiento de calor no es tan pronunciado en este caso, como con los demas métodos de estincion, y los vapores que se desprenden apenas son perceptibles. De tiempo en tiempo se revuelve con la batidera.

Las cales comunes apagadas por este método aumentan unos dos quintos de su peso, y su volúmen hasta 3,52 por uno de cal viva medida en polvo. Las cales hidráulicas solo absorven sobre una octava parte de su peso de agua al estinguirse de este modo dando 1,75 hasta 2,55 de volúmen por uno de cal viva en polvo. Estos resultados se obtienen cuando la estincion se ha verificado completamente, y cuando el tiempo no es muy húmedo. Aumento de volúmen y peso.

Inconveniente de este método. Este método, aunque económico, por verificarse la estincion por sí sola, exige mucho terreno para estender las capas de cal; podrian formarse á diversas alturas pisos de tablas para colocar varias capas; pero no es cómodo este medio. Exige tambien mucho tiempo la estincion espontánea, y en la mayor parte de las obras no puede esperarse tanto ni prepararse con mucha anticipacion. Se consideran necesarios tres meses para que sea completa la estincion por este método en las cales grasas reducidas á trozos del tamaño de un huevo.

Comparacion de los métodos descritos. La estincion ordinaria ó de aspersion apaga mejor las cales hidráulicas, y parece conveniente emplearse para estas, pues segun Vicat resulta $^1/_5$ mayor la cohesion del mortero que cuando se verifica por el método ordinario, en el caso de emplearse este en el agua.

La estincion por inmersion hace adquirir á las cales grasas $^2/_3$ mas de resistencia de la que se obtiene empleando la estincion ordinaria.

La estincion espontánea hace perder á las cales hidráulicas sus propiedades ó parte de ellas.

La cantidad de agua que absorven las cales comunes por la estincion ordinaria, está comprendida entre límites estensos, segun el grado de consistencia que quiera obtenerse en la pasta, pues varia de 130 á 400 por 100 de cal, segun se forme lechada ó esté consistente. Esta cantidad de agua empleada en la estincion ejerce cierta influencia en la dureza que adquieren los hidratos ó pastas que resultan. Cuando se emplea muy poca, produce poca union; demasiada, hace al contrario flojo y poroso el hidrato.

En los procedimientos de estincion espuestos hemos seguido el órden indicado por Vicat. Treussart dice que la estincion espontánea apaga con dificultad las cales comunes, y espuesta la cal mucho tiempo al contacto del aire absorbe con esceso el ácido carbónico, adquiriendo parte de las propiedades que tenia antes de calcinarse, y se decide, por esta causa, por el método ordinario para las cales comunes y para las hidráulicas.

Métodos de Lafaye, Raucourt y Treussart. Lafaye indica el método que llama de *maceracion*, que es análogo al que hemos indicado en la estincion ordinaria. Consiste en abrir una fosa ó alberca en el suelo, y á mayor altura que esta construir otra que comunique por un conducto con la primera; se echa la cal viva en la segunda, se cubre de agua, se deshace removiéndola con la batidera, y despues que está bien apagada, se abre la comunicacion entre ambos depósitos para que pase al inferior. Dice que la cantidad de agua necesaria viene á ser entre una á tres partes por una

de cal; las cales comunes exigen mas cantidad de agua que las hidráulicas y que las áridas.

Raucourt está de acuerdo con Vicat respecto de los métodos de estincion; pero propone un método complexo, que consiste en apagar la cal al salir del horno por el segundo ó tercer método; pasado algun tiempo amasar el polvo que resulta, y de este modo producir una segunda estincion. Treussart tambien está de acuerdo con Vicat respecto de los tres procedimientos indicados; pero como el método de inmersion exige obreros hábiles que solo tengan sumergida la cal lo preciso, y se desperdicia parte por los claros del cesto, no encuentra muy conveniente su aplicacion.

Propone apagar la cal echando sobre ella una cantidad de agua igual á la que absorbe sumergida.

Esta operacion debe hacerse bajo un cobertizo, á la proximidad de la obra; se echa la cantidad de agua precisa sobre la cal, y se la deja apagarse sin removerla durante la fusion, y cuando cesa de producir vapores, se revuelve un poco con la batidera ó se introduce un palo para ver si están algunas partes mal apagadas, y se echa algo de agua sobre estos trozos. Concluida esta operacion se hace un gran monton, alisando la superficie y cubriéndola de arena, y así concluye de apagarse en una noche que se tenga de este modo para emplearse al dia siguiente.

Apagado de los cementos.

Las cales que hemos llamado límites se apagan difícilmente. Cuando llegan al grado de cementos ya no obra el agua sobre ellos, y es preciso pulverizarlos despues de calcinados, y emplearlos como el yeso así que se amasan, en razon á que fraguan y endurecen pronto.

Prevenciones sobre los esperimentos de estincion.

En los esperimentos que se hagan con las cales para comparar los procedimientos de estincion, deben verificarse por peso y no por volúmenes, pues á consistencia igual varian estos últimos en cada clase.

Modo de medir el cambio de volúmen de las cales y cementos.

El aumento de volúmen que esperimentan las cales despues de apagadas, ó la contraccion de los cementos al amasarse, se puede determinar por el método empleado por la comision encargada en la esposicion de París de 1855 de informar sobre los materiales de construccion presentados en la misma. Consiste en formar un cilindro recto de palastro delgado, muy flexible, asegurado solo con aros en las cabezas. En este cilindro se marcan los volúmenes correspondientes á las diferentes alturas por esperimentos preliminares. Se echa la cal en polvo, moviéndola para que quede horizontal la superficie, pero sin apretar, y se ve el volúmen que marca la señal. En seguida se amasa con poca agua, y antes que fragüe, se vuelve á

echar en el cilindro. Se pone horizontal la superficie, se deja secar y se vé despues el volúmen marcado. La diferencia entre el volúmen primitivo y el volúmen despues de amasado, dividido por el volúmen primitivo da el aumento ó disminucion de este.

Para que fuesen exactamente comparables los resultados de esperimentos hechos con varias cales ó cementos, seria necesario que todas se redujesen al mismo grado de intensidad, de asiento, etc., lo cual es difícil.

Modo de hallarse el aumento de peso.

La cantidad de agua que absorbe la cal por el apagado ó amasado, se determina pesando el material antes de meterle en el cilindro indicado antes; despues de fraguar, se quitan los aros, se deja enjugar al aire un poco, y se pesa de nuevo. La diferencia entre el segundo peso y el primero, dividido por el primer peso, representa el aumento de este, que es debido al agua absorbida. Los resultados serán distintos, segun se haga el esperimento al salir la cal del horno ó pasado algun tiempo, pues habrá en el hidrato, además del agua empleada para la operacion, la que hubiese absorbido la cal de la atmósfera.

Conservacion de las cales y cementos.

Las cales comunes, apagadas por el procedimiento ordinario, se conservan, cuando no se pueden emplear pronto, en depósitos impermeables, cubriéndolos con una capa de arena ó tierra fresca de dos á tres decímetros de espesor. Cuando se han apagado por inmersion ó espontáneamente, se mantienen bien por mucho tiempo en los almacenes, ó en cajones cubiertos con tela ó paja.

Las cales hidráulicas son mas difíciles de conservar; se deben en este caso apagar por inmersion y meterlas en sacos, pues así se forma una costra superficial que preserva la interior; debe cuidarse no dejarla en parajes húmedos.

Para guardar la cal hidráulica viva durante cinco ó seis meses. se dispone un foso ó depósito en paraje seco, se echa en el suelo una capa de la misma cal apagada por inmersion, y sobre ella se apila la cal viva lo mas apretada que sea posible, cubriendo los taludes con cal como la del suelo. De las fábricas de cales hidráulicas, remiten estas en polvo, haciendo pasar la cal apagada por tamices colocados en habitaciones cerradas; de estos caen á tolvas, en cuyo estremo están los sacos que reciben la cal.

Los cementos necesitan preservarse bien del aire y de la humedad para ser trasportados ó guardarse. A medida que esta accion

es mas prolongada, el fraguado viene á ser mas lento, circunstancia que debe aprovecharse á veces si se quiere obtener un cemento de esta clase, de otro cuyo fraguado sea pronto. Cuando están completamente aireados, no fraguan; pero pueden mezclarse con cales grasas, y en este caso ejercen, segun Vicat, un principio *hidraulizador* superior que cuando se mezclan con aquellas estando *vivos*.

CUARTA SECCION.

MATERIALES QUE SE MEZCLAN CON LA CAL PARA FABRICAR LOS MORTEROS.

Vicat clasifica los materiales que se mezclan con la cal para fabricar los morteros ó argamasas, de que se tratará en la quinta seccion, segun el grado de energía que producen con la cal comun apagada por el método ordinario para hacerla fraguar en un tiempo dado, y por la dureza que hacen adquirir al mortero sumergido en el agua. Clasificacion.

Designa como *inertes* los materiales que, mezclados con la cal referida, formando una pasta de consistencia arcillosa, no hacen variar sus propiedades, es decir, no producen el efecto de que fragüen en el agua. Las *arenas* están en general en este caso.

Materias *poco enérgicas* cuando, mezcladas como hemos dicho, al cabo de un año de sumergidas en el agua, adquiere la mezcla una dureza como la de jabon seco.

Enérgicas cuando fraguan del cuarto al décimo dia de inmersion, y al cabo de un año adquieren la dureza de piedra tierna, y producen actuando en ellas una *serreta*, polvo seco.

Muy enérgicas cuando fraguan del primero al tercero dia de inmersion, y al cabo de un año presenta el mortero consistencia como la del ladrillo cocido, y con la sierra produce polvo seco.

Los materiales que se mezclan principalmente con la cal para formar los morteros de todas clases, son la arena, la arcilla, los productos volcánicos, llamados puzolanas naturales y las puzolanas artificiales, producidas por la coccion de las arcillas, arenas arcillosas, gneis, basaltos, escorias de fábricas y las cenizas de la hulla.

Hay tres clases de arenas naturales; la de rio, la de mar, y la Arenas.

de mina, designada tambien con los nombres de hoya, de fosa ó de cava.

Siendo la arena de forma angulosa traba mejor con los morteros, y en este caso está la arena de mina. Cuando tengan que emplearse las de mar ó de rio, se preferirán las depositadas mucho tiempo en las orillas, que no han sido arrastradas tanto como las del lecho, y por consiguiente estarán menos redondeadas,

La arena puede ser cuarzosa, granitica, caliza, volcánica, etc. Se da este nombre á toda sustancia mineral en forma de granos mas ó menos gruesos é insolubles en el agua.

Las arenas pueden hacerse artificiales moliendo ladrillos ó piedras.

Hay arenas cuarzosas de grano irregular, mezcladas con arcilla en proporciones variables. Se encuentran generalmente en la parte superior de algunas colinas, en filones en las calizas; pertenecen á terrenos de aluvion. Estas son las arenas llamadas de mina.

Tambien se encuentran conglomerados de arenas de cuarzo, esquistos ó feldespatos, y particularmente de mica, reunidos mecánicamente por otra materia (grawaka de los alemanes); de estos pertenecen á las areniscas las mas esqnistosas, suaves al tacto, amarillas, rojas ú oscuras de grano fino que forman pasta con el agua; se pueden emplear en la confeccion de morteros; pertenecen á los terrenos esquicitosos primitivos, y se encuentran en bancos y venas.

La arena que se emplee en las argamasas debe estar limpia de tierra y pasada por el arnero para que deje las piedras que contenga. Al tratar de los morteros se indicará la influencia del grueso de las arenas, segun los casos á que estos se destinen. Cuando haya que emplear arenas de mar, deben dejarse algun tiempo espuestas á la accion de las lluvias para que se laven y suelten las sales que contienen. Si la arena que se usa en los morteros no estuviese limpia de tierras y de materias animales, formaria una pasta jabonosa soluble, que retardaria el fraguado. Se reconoce si está limpia echándola en agua y viendo si enturbia esta, en cuyo caso debe elegirse otra clase. Tambien se reconoce si es buena arena apretándola en la mano, en cuyo caso sera áspera al tacto, crujirá y no dejará polvo ó barro.

Es necesario fijar límites para el tamaño de las arenas. La clasificacion admitida por Vicat es: *arena fina* cuando, supuestos redondos los granos, tienen de medio á un milímetro de diámetro; *gruesas* cuando es el diámetro de uno y medio á tres milímetros, y de *grano medio* cuando el diámetro está comprendido entre los dos indicados. *Polvo* cuando las partículas mayores no llegan á un quinto de milimetro.

En las obras de Madrid y otros puntos se distingue la arena con el nombre de *cañamoncillo* las finas, *guisantillo* las de grano mediano y *garbancillo* las gruesas. Se llama *guija* á la almendrilla ó la que se estrae de los sitios en donde hay grava.

Tambien se distingue por arena de *carboncillo* la que está muy tostada del sol.

Las puzolanas naturales son materias volcánicas cuyo nombre tiene orígen del sitio en que empezaron á esplotarse, en Puzol, á la proximidad del Vesubio. Puzolanas naturales.

Estas sustancias suelen hallarse en la proximidad de los volcanes, bien sea en actividad ó apagados; se encuentran muchas veces en estado pulverulento, de color rojo violeta, ó bien en granos ó escorias. Su color en general es oscuro.

La mejor puzolana de Italia se estrae en las cercanias de Nápoles, debajo de capas de lava, y es conocida con el nombre de *puzolana de fuego*. Se conservan obras en que se empleó esta, construidas hace mas de diez y ocho siglos, en los puertos de Ostia, Nápoles y otros; la cisterna construida por Augusto en Puzoles, y varios acueductos. Varia mucho la calidad de dicha puzolana si se estrae de sitios en que estén alteradas las capas de lava ó mezcladas con tierra.

Se indicará el empleo que hacen en Nápoles de ella, al tratar de los morteros y hormigones.

En la clasificacion de puzolanas naturales se comprenderán tambien los productos *seudo-volcánicos* ó debidos á la calcinacion de los depósitos de carbon de piedra, como los *trípolis*, *areniscas* y *arcillas calcinadas*, sustancias que han sido mas ó menos modificadas por la accion del fuego.

Las puzolanas están compuestas en general de sílice, alúmina, algo de cal, potasa, sosa, magnesia y hierro magnético.

A pesar de ser general la composicion indicada, suelen variar las proporciones en las diversas puzolanas; pero siempre domina la sílice y alúmina variando la primera en las puzolanas de Italia analizadas de un 45 á un 53 por ciento.

Se comprende bajo el nombre de puzolanas artificiales los productos obtenidos por la calcinacion de las arcillas, esquistos y escorias, residuos de la combustion, de la hulla y basaltos calcinados. Puzolanas artificiales.

Cada uno de estos materiales, aunque compuestos en general de sílice y alúmina, son variables en sus calidades y en las que producen mezclados con las distintas clases de cales.

Aunque no puede juzgarse exactamente por su aspecto esterior y propiedades físicas de las cualidades que poseen estas materias, sin

embargo, tanto las puzolanas naturales como las artificiales, no suelen producir buenos resultados cuando su grano es duro, su aspecto vidrioso y no se adhieren á la lengua; circunstancias todas que indican escesiva cohesion. Deberán hacerse esperiencias preliminares cuando hayan de emplearse.

Accion de los ácidos en las arenas y puzolanas.

Puede obtenerse un conocimiento aproximado de la calidad de los materiales que se empleen para mezclar con la cal, por medio de la accion que sobre ellos ejercen los ácidos.

A las arenas puras muy cuarzosas no las atacan en frio ni en caliente los ácidos sulfúrico, nítrico y muriático, aun cuando estén muy concentrados; solo las atacan mas ó menos cuando contienen partículas de rocas volcánicas ó calizas.

En las arenas arcillosas se estrae por el lavado la arcilla que contienen; despues de lavadas y secas se pulverizan, echándolas en ácido muriático durante algunos dias dejan parte del hierro que contienen, y de un décimo á tres quintos de la alúmina.

El ácido muriático disuelve una gran parte del óxido de hierro, y casi toda la cal carbonatada de las arcillas; pero apenas ataca á la alúmina como no sea en ciertas arenas arcillosas.

En las puzolanas naturales es muy variable la accion de los ácidos; unas veces ejerce muy poca, otras efectúa la separacion de gran parte del óxido de hierro que contienen, y mas de la mitad de su alúmina. Tratadas por el ácido sulfúrico se cubren de eflorescencias aluminosas, y otras al cabo de un mes ó mas nada manifiestan.

Accion del agua de cal.

El agua de cal, aunque sea hirbiendo, no ejerce accion alguna sobre el cuarzo y arenas cuarzosas; pero sí en las arcillosas y puzolanas naturales y artificiales; así puede decirse que sobre los materiales que se han clasificado como inertes, no ejerce el agua de cal accion alguna (como no sea en las arenas calizas), y que no les atacan los ácidos.

En los materiales clasificados de poco enérgicos, ejercen poca accion los ácidos, y algo el agua de cal.

En los muy enérgicos ejercen sobre ellos mucha accion los ácidos, y convierten al estado de pureza una gran cantidad de agua de cal.

Los resultados son variables segun el estado de mayor ó menor pureza en que se encuentran estas sustancias.

Para hacer los esperimentos se pulverizan los materiales antes de echarlos en el agua de cal.

Condiciones á que deben satisfacer las puzolanas.

Vicat indica como condicion necesaria para obtener una buena puzolana, que el material que constituya esta debe llegar al mínimo de peso específico ó densidad, y al máximo de facultad absorbente;

pero Petot contradice esta circunstancia, y concluye en vista de diversos esperimentos que hizo al efecto, que el máximo de energia de una puzolana, no corresponde á las condiciones espresadas. Dichos esperimentos dieron los resultados siguientes:

1.° Que las puzolanas colocadas en paraje seco, tienen una facultad absorbente muy débil.

2.° Que esta accion aumenta en sitios húmedos.

3.° Que está en su minimum antes que la arena de gneis ó arcilla hayan adquirido el grado mas conveniente de tostado.

4.° Que no es igual en estas dos especies de puzolanas, y bajo este punto de vista da una idea bastante exacta de las energías comparativas.

5.° Que sumergiendo ladrillos de diversos grados de coccion, la proporcion absorbida es mayor para los que están poco cocidos, que son precisamente los que dan mejores puzolanas; y tambien que las arcillas secas antes de llegar al término de buena coccion aumentan de volúmen al pasar por el término de semi-coccion, y en este último estado la densidad del ladrillo es mayor que en el anterior.

Se creia antes de los esperimentos de Vicat, que el hierro combinado con las arcillas producia la hidraulicidad de las puzolanas; pero aquellos han hecho ver que la sílice y alúmina combinadas son las que producen esta cualidad, principalmente la primera, pues cuando solo entra la segunda, no es suficiente para dar aquella propiedad.

De varios esperimentos hechos por Vicat se deduce que la mejor calidad de una puzolana artificial, es aquella que contiene mas proporcion de arcilla. Entre dos puzolanas es la mejor aquella que contiene mas sílice; pero sin escluir completamente la alúmina, siendo ademas á igualdad de proporciones la puzolana específicamente mas pesada, la de mejores cualidades.

Se indica al tratar del ladrillo, cómo puede hacerse el análisis de las arcillas. Si tuviesen magnesia puede considerarse como si fuese alúmina.

Es conveniente hacer análisis para conocer la relacion de la sílice á la alúmina, y respecto de los principios inertes debe conocerse tambien la cantidad de carbonato de cal, el cuarzo y el peróxido de hierro, en el cual quedaria envuelto el manganeso.

Segun observaciones de Berthautd Ducreux, algunas arcillas al parecer grasas, suelen ser pobres en hidrosilicatos, lo que se verifica cuando contienen mucho óxido é hidrato de hierro, y el cuarzo está en polvo muy fino.

Fabricacion de las puzolanas artificiales.

Hemos visto que en la composicion de las puzolanas naturales domina la sílice y la alúmina, y por esto se fabrican las artificiales con materiales en cuya composicion entran dichas sustancias como base principal; estas son las arcillas y esquistos que forman pasta con el agua.

Para formar de dichas materias las puzolanas hay que someterlas á la accion del fuego, operacion que se espresa indistintamente por calcinar, tostar, ó cocer; pero el segundo modo parece preferible, en vista al grado conveniente en ella. La accion del fuego debe ser moderada, y circular el aire por entre el material. Resulta un buen tostado si despues de concluido ha llegado á adquirir el material la cohesion suficiente para no formar pasta con el agua. Las arcillas deben estar lo mas secas que sea posible antes de tostarlas para que no haya esposicion á que se escorien.

Tostado de las puzolanas.

El mejor medio de tostar las puzolanas artificiales seria en chapas de hierro, removiendo en este tiempo los polvos para que se tostasen completamente, y para este efecto se ha ideado el horno que se describió, al tratar de la calcinacion, en las figuras 54 y 55; sin embargo, tanto este como los de tubo y de caja descritos, son complicados particularmente para fabricaciones en gran cantidad. Tambien ofrece dificultad el reducir á polvo la arcilla sin cocer como es necesario practicar en este caso, y así hay necesidad de secarla antes al sol ó en una estufa á un calor de 80 á 100 grados.

El medio mas practicable para la fabricacion en este último caso, consiste en verificar el tostado en la parte superior de los hornos de cal, disponiéndola de modo que presente al aire el mayor número de puntos de contacto que sea posible. Para conseguir esto se forman tortas ó ladrillos del material, de que se fabrican las puzolanas, amasándola con virutas, paja corta ú otra materia combustible, muy menuda, y dejando secar los ladrillos al aire antes de cocerlos. Este método es mejor que el de mezclar la arcilla con arena. Tambien se puede mezclar para tres partes de arcilla una de cal; pero este método es caro.

Comunmente, como medio mas económico se tuesta sin preparacion alguna el material, teniendo cuidado de reducirle antes á fragmentos.

Los hornos de mucho tiro son buenos para la calcinacion de las puzolanas artificiales. Tambien puede aprovecharse el calor perdido de los altos hornos de fundicion.

Las arcillas finas, muy suaves al tacto, en que domine la sílice y la alúmina; aunque contengan óxido de hierro y carbonato de cal, pueden producir puzolanas muy enérgicas cuando se tuestan con esmero.

La arcilla indicada, si se calcina en vasos cerrados, tambien dará puzolanas muy enérgicas; pero en combinacion con la cal producirá morteros que fraguan mas lentamente, y se alterará con facilidad en contacto con agua corriente.

Las arcillas ocráceas ó rojas suelen exigir algo mas de tiempo que las comunes; es decir, unos veinte minutos cuando el fuego es intenso. En cada caso deben hacerse esperimentos preliminares.

Vicat llama *coccion normal* cuando solo se hace que las arcillas adquieran en el horno el color rojo oscuro, que es el grado necesario para que pierdan el agua de cantera, y el que da mayor hidraulicidad á la arcilla pura ó que solo tiene un 12 á 15 por 100 de carbonato de cal. Para llegar á este punto exije un calor de 600 á 700 grados centígrados.

Coccion fuerte cuando la arcilla adquiere mucho lustre, poniéndose muy compacta, y perdiendo su facultad absorbente.

Coccion media cuando pone á la arcilla dura y sonora, no privándola de la facultad de absorber el agua.

Coccion supra-normal si suple la intensidad del fuego por la duracion, descomponiéndose de este modo la mayor parte del carbonato de cal de las arcillas margosas, sin esceder de 700 á 750 grados centígrados. Este grado conviene á las arcillas en que la proporcion del carbonato de cal es de 20 á 50 por 100. El esceder este término de coccion no es conveniente. El término de fusion ó escorificacion produce ya puzolanas inertes.

Pulverizacion de las arcillas.

La pulverizacion de las arcillas ya cocidas puede hacerse con facilidad con pisones herrados, batanes ó molinos, como se describen al tratar del yeso y de los morteros.

En 1844 sacó patente en Francia Lamotte para un aparato que llamaba *pulverizador por choque*. Consiste en un tambor de 1^m á 1,^{m}50 de diámetro, cerrado por sus estremos, y que puede girar horizontalmente por medio de un eje. En la parte interior de este tambor se introducen esferas de fundicion, cuyo diámetro depende de la clase de material que hay que pulverizar, las cuales, arrastradas por el movimiento de rotacion del cilindro, caen de diferentes alturas y machacan las sustancias introducidas en el tambor para este objeto. Aplicaba este aparato al molido de puzolanas.

Observaciones relativas al empleo del polvo de ladrillo, teja ó escorias.

Los polvos de ladrillo ó de teja que se usan con frecuencia como puzolanas en las construcciones, no producen generalmente buenos resultados por emplearse estos materiales demasiado ó muy poco cocidos y con la mezcla de arena que suelen contener en su composicion. En cuanto al grado de coccion se ha visto lo que influye en la calidad de las puzolanas. La arena se ha indicado tambien es una sustancia inerte; por consiguiente, no debe considerarse como buena puzolana el polvo espresado.

Lo mismo sucede en general con las escorias, y si producen morteros hidráulicos, puede consistir en emplearlos con cales hidráulicas sin saberlo.

Las cenizas de hulla suelen emplearse como puzolanas estando puras, y limpias de carbon y reducidas á polvo fino.

El llamado cemento de agua fuerte es una combinacion de arcilla y potasa proveniente de la calcinacion débil de arcilla humedecida y el nitro.

QUINTA SECCION.

MORTEROS.—HORMIGONES.—CALES HIDRAULICAS ARTIFICIALES.

Morteros.

Clasificacion.

Para trabar ó unir entre sí los materiales que forman las mamposterías, se emplean las cales mezcladas con otros que tienen por objeto el economizar cal ó hacerla adquirir ciertas propiedades convenientes al objeto á que se destinen. A estas mezclas se da en general el nombre de *morteros* ó *argamasas* ó *mezclas*; y cuando el material que se emplea con la cal es puzolana, recibe tambien el nombre de *ganga* ó *pasta puzolana* (1). Distinguiremos diversas clases, adoptando el nombre de *mortero comun* para la mezcla de la cal grasa ó comun con arena; *mortero hidráulico* la de cales hidráulicas y arenas; *pastas puzolánicas*, la de cales y puzolanas naturales ó artificiales.

(1) Los albañiles suelen llamar tortada de nuégado al mortero de cal y almendrilla ó guijas.

Los morteros pueden emplearse en distintas circunstancias; en mamposterías resguardadas de la intemperie, como sucede en la parte interior de edificios ú obras de cualquier género: en mamposterías espuestas á las alternativas é influencias atmosféricas, y en mamposterías sumergidas en el agua dulce ó en el agua de mar, ó en terrenos húmedos. Diversos casos que pueden tener lugar para el empleo de los morteros.

Los morteros resguardados de la intemperie pueden fraguar y endurecer por no haber causas que perturben la accion molecular; el ácido carbónico actúa sobre el hidrato gradualmente, haciéndole adquirir consistencia. Por esta razon puede emplearse en este caso mortero de cal comun y arena; sin embargo, si por ser abundante en el país ú otras causas se emplean cales hidráulicas, conviene tener presente las clases de arena que es preferible mezclar con ellas. Morteros resguardados de la intemperie.

Con las cales hidráulicas producen los mejores resultados las arenas finas, despues de estas las mezclas de finas y gruesas, siendo por último las menos á propósito las gruesas. Materiales convenientes.

Con las cales medianamente hidráulicas, el órden de preferencia es: las arenas de grano mezclado, despues las finas, y por último las de grano grueso.

Para las cales comunes las de grano grueso, las de grano mezclado y las finas. El polvo de caliza dura tambien produce buenos resultados.

Con las cales comunes la diferencia entre los gruesos de la arena solo tiene una influencia en un quinto de su resistencia. En las cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas puede influir hasta una tercera parte.

Los mejores morteros para resistir á la accion de las lluvias, del aire, del calor y de las heladas, y adquirir gran dureza, son los siguientes: Morteros á la intemperie. Materiales convenientes.

Los compuestos de cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, las arenas puras ó polvos cuarzosos, y tambien los polvos de calizas duras ú otras materias inertes. Con las cales medianamente hidráulicas ningun material llena el objeto completamente, y menos con las cales comunes; pues aunque se emplee con estas puzolanas enérgicas, no llegan á la resistencia de las cales eminentemente hidráulicas ó de los cementos. Los morteros compuestos con estos que se indican para el empleo dentro del agua son tambien escelentes espuestos á la intemperie.

Aunque no pueden darse reglas seguras para las proporciones de las mezclas, sin embargo, segun esperiencias de Vicat, la resistencia de los morteros de cales comunes apagadas por el método ordinario, crece desde 0,5 á 2,4 de cal en volúmen por uno de arena Proporciones de las mezclas y métodos de estincion mas conveniente.

amasado en pasta fuerte, y decrece pasada esta proporcion. Cuando esta cal ha sido apagada por inmersion ó espontáneamente, crece la resistencia desde 0,5 á 2,2 de arena por uno de cal (tambien en pasta fuerte), decreciendo despues.

En los morteros de cales hidráulicas apagadas por el método ordinario, crece la resistencia cuando se mezcla desde 0 á 1,8 de arena, por uno de cal en pasta fuerte, decreciendo pasado este límite. Cuando esta cal ha sido apagada por inmersion ó espontáneamente, crece la resistencia desde 0 á 1,7 parte de arena por uno de cal, decreciendo despues.

Raucourt en su tratado de morteros dice, que partiendo del principio que las cales ó partes envolventes no deben ocupar en los morteros sino los huecos que dejan las arenas ó partes envueltas, suponiendo las arenas de grano igual, las proporciones rigorosas serian.

Para tres volúmenes de arena fina, uno de cal.

Para cinco volúmenes de arena de grueso medio de tres milímetros, dos de cal.

Para doce volúmenes de arena gruesa de cinco milímetros, cinco de cal.

Para dos volúmenes de grava de centímetro ó centímetro y medio de grueso, uno de cal.

Por dos volúmenes de grava de dos á cuatro centímetros, uno de cal.

Volúmen que resulta de la mezcla de cal y arenas ó puzolanas.

Sabiendo los huecos que contiene un volúmen dado de arena, se sabe tambien la cal que será necesaria para llenarlos; lo cual puede calcularse por los datos insertos al fin de esta seccion, ó por los que suministren esperimentos directos. No seria exacto el decir que para componer dos metros cúbicos, por ejemplo, de mortero, es necesario uno de cal y otro de arena; seria necesario mas cantidad de cal en razon á que esta habrá de llenar los huecos que existen entre la arena.

Objeto de la arena.

La mezcla de la arena con la cal tiene por objeto, ademas de economizar esta última, el modificar ciertos fenómenos que se efectúan en los morteros; así es que sirve para evitar los efectos de una desecacion demasiado pronta; y el agrietamento de la masa que tendria lugar no empleándola, facilita igualmente la absorcion del ácido carbónico, en razon á formar una masa mas porosa.

Observaciones sobre las mezclas de cales y puzolanas.

Las pastas de cales y puzolanas quedan por la desecacion al aire reducidas mas bien á una simple mezcla, que á la combinacion química que se verifica cuando se emplean enterradas en terreno húmedo, ó sumergidas en el agua. La cal de la mezcla, en contacto con el

aire, pasa violentamente al estado de carbonato, pierde la facultad de combinarse con la puzolana, y esto hace que sea aquella desmoronadiza y fácil de atacar por los hielos, particularmente en sitios en que sean frecuentes los vientos secos.

Los resultados espuestos pueden sufrir modificaciones cuando la humedad de la atmósfera permita verificarse la combinacion química de los materiales, como sucede en las bóvedas subterráneas.

Las heladas perjudican á las mezclas de cal comun y puzolanas; por efecto de ellas se cuartean y saltan en fragmentos; puede evitarse este inconveniente mezclando con las pastas puzolánicas cierta cantidad de arena pura. Efectos de las heladas en los morteros.

Los morteros de cal comun y arenas gruesas puras, cuando la cal ha sido apagada por el procedimiento ordinario, fabricados en la primavera, suelen ser atacados en el invierno siguiente, si contienen menos de 2,2 de arena por uno de cal en pasta, y cuando estan apagadas por inmersion si no llega á 1,6 de arena; si está apagada espontáneamente, cuando contiene menos de 2,4 de arena.

Estos efectos se hacen sentir durante los dos primeros años de empleado el mortero; pasados estos, no hay ya peligro, pudiendo á los seis años resistir á las heladas mas fuertes, como no sean heladizas las arenas que se empleen.

Los morteros de cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas, á los seis ó siete meses de empleados, pueden resistir bien á las heladas.

Debe evitarse el que se sequen demasiado pronto los morteros despues que se han empleado, lo cual es sumamente perjudicial, particularmente cuanto mas hidráulicas son las cales; pues pueden perder, segun Rancourt, hasta los cuatro quintos de la resistencia que hubiesen adquirido secándose lentamente; por esto deben humedecerse en los grandes calores las mamposterías, rociando estas, pero de modo que no se disuelva el mortero. La desecacion rápida del mortero por el calor interrumpe la solidificacion y destruye la homogeneidad de la masa, como lo comprueban los esperimentos de Vicat. Desecacion de los morteros.

Cuando la superficie del mortero se endurece pronto, no permite carbonatar la pasta interiormente con facilidad, y por consiguiente no endurece la parte interior sino lentamente. Morteros empleados en agua dulce: su composicion.

Cuando hayan de emplearse los morteros sumergidos en agua dulce, deben combinarse con las cales las puzolanas ó materias inertes del modo siguiente:

Con las cales comunes las puzolanas naturales ó artificiales muy enérgicas.

Con las cales medianamente hidráulicas las puzolanas enérgicas, ó las muy enérgicas, mezcladas con cerca de la mitad de arena ó materiales de los que hemos clasificado como inertes, ó bien las arenas arcillosas.

Con las cales hidráulicas las puzolanas poco enérgicas ó las muy enérgicas con la mezcla de arena indicada antes, ó la arena arcillosa.

Con las cales eminentemente hidráulicas las arenas cuarzosas y calizas, ó las demas clasificadas como inertes.

Es muy difícil el dar reglas fijas sobre las proporciones por la gran variedad que hay entre las diversas calidades de los materiales que se empleen, por lo que en cada caso, cuando la importancia de la obra lo exija, deben hacerse esperimentos preliminares.

Las proporciones que aparecen mas convenientes en diversos casos aproximadamente son las siguientes:

Con las arenas cuarzosas ó calizas, de 0,50 á 0,66 en volúmen de cal hidráulica ó eminentemente hidráulica del total.

Las arenas arcillosas exigen 0,20 á 0,25 en volúmen de cal medianamente hidráulica, ó de 0,25 á 0,30 de cal hidráulica.

En las mezclas de cales comunes ó medianamente hidráulicas y puzolanas, vale mas emplear menos cal que demasiada, y al contrario con las de cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas.

Las dósis de cal y puzolanas que da Vicat, son las siguientes, deducidas de esperimentos.

Para obras en agua dulce, 18 kilógramos de cal grasa para 100 kilógramos de puzolana compuesta, término medio de 64 partes de sílice y 36 de alúmina. Puede modificarse hasta 15 ó 20 partes de cal cáustica por 100 de puzolana; cuando esta es pobre en principios activos, sílice, alúmina, magnesia, ó sea mezclada con materias inertes, como arena, óxido de hierro, carbonato de cal, etc., 2 ó 3 kilógramos de cal mas ó menos solo producen una pérdida de 6 á 7 por 100 de cohesion.

Con las cales hidráulicas vale mas que haya esceso, y la menor cantidad que puede emplearse debe ser el doble de la dósis de cal grasa conveniente en las mismas circunstancias, pero no llegando á este límite podria perder de 40 á 70 por 100 la cohesion de la mezcla.

Sin embargo de lo espuesto respecto de las mezclas, conviene tener presente la deduccion de los esperimentos citados por Vicat, y son, que con una escelente puzolana y una escelente cal hidráulica no se llega á obtener tan buen resultado como con la cal grasa y la puzolana enérgica, no habiendo ventaja en componer mezclas

de puzolanas y cales hidráulicas, como no sea que quiera obtenerse mas pronto fraguado.

Para facilitar la cohesion, ademas de que la puzolana debe estar reducida á polvo lo mas fino posible, convendrá que la cal se haya apagado por el procedimiento ordinario. Las cohesiones finales están en relacion de 90 á 60 á 40, segun sea la puzolana muy fina, del tamaño de granos de arena ó de pólvora gruesa. Advertencia sobre las mezclas con puzolanas.

Las mezclas con puzolanas tienen mayor fuerza de cohesion propia que de adherencia con las mamposterías, que es lo contrario de lo que sucede con los morteros hidráulicos. Debe entenderse que se trata del empleo en agua dulce, pues se verá al tratar de este en el agua de mar las circunstancias que exige.

Cuando se emplean cales comunes ó medianamente hidráulicas en construcciones sumergidas en agua dulce, la estincion espontánea es la preferente, siguiendo despues la estincion por inmersion y la ordinaria. Influencia del apagado de la cal.

Cuando sean cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, debe preferirse la estincion ordinaria, siguiendo la de inmersion y la espontánea, que es la peor. En el caso que se considera es casi indiferente emplear el método de inmersion ú ordinario, por la poca diferencia que resulta en la calidad del mortero. No sucede asi con la estincion espontánea, cuyo método es tanto mas perjudicial cuanto mas hidráulicas son las cales, pues la esposicion de estas á la intemperie mucho tiempo produce una combinacion química en los principios de la cal, que las hace perder sus cualidades hidráulicas.

La superficie de los morteros ó pastas puzolánicas, despues de adquirir cierto grado de dureza, suele retroceder á veces hasta ablandarse, avanzando este efecto sucesivamente hácia el centro. Esto sucede cuando se emplean las cales comunes y puzolanas poco enérgicas; pero no es sensible con puzolanas muy enérgicas, ó con las cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas, circunstancia que debe tenerse muy presente cuando se empleen los morteros en agua corriente. Accion del agua.

Los morteros que se emplean en agua dulce tranquila no hay ventaja de componerlos con cales muy hidráulicas y puzolanas muy enérgicas; pero sí la habrá cuando estén espuestas á la accion del agua corriente, porque el esceso de cal que exije la mezcla compuesta de este modo da una consistencia crasa á la pasta que hace resbalar el agua por la superficie con mas facilidad y no perjudica tanto su accion.

El cemento clasificado *límite inferior* es de gran utilidad para las obras hidráulicas, pudiendo asegurarse escede en bondad á to- Empleo de cementos en agua dulce.

das las demás clases de cales. Los cementos medios tienen tambien ventajosas aplicaciones hasta llegar á los límites de composicion en que ya su fraguado es lento por el esceso de arcilla que contienen.

Como el cemento es en general caro, suele mezclarse con arena. Pasley, constructor inglés, que ha verificado diversos esperimentos con los cementos, aconseja emplearlos sin arena que retarda el fraguado, y le hace desmoronadizo; pero cuando por economía se mezcle arena por exigir menos esmero las obras, no deberá escederse de 1,25 en volúmen de esta por 1 de cemento.

El cemento límite inferior de Guipúzcoa, que hemos empleado en obras hidráulicas, fraguaba de los diez á quince minutos de estar sumergido (tiempo que varía segun sea el que haga esté fabricado); á los diez meses tenia la dureza del ladrillo, produciendo con la sierra polvo seco.

Mezclas de diversas clases.

Suelen tambien por economía mezclarse estos cementos con cal comun ú otras clases; pero esto les desvirtúa haciendo retardar el tiempo del fraguado y el endurecimiento posterior.

Los cementos muy cargados de arcilla suelen mezclarse con otros ó con otras cales para mejorarlos.

Hemos hecho esperimentos para emplear un cemento que contenia 53 por 100 de arcilla mezclándole con cal comun, imitando las proporciones de los cementos que fraguan pronto, y en la proporcion de $^1/_5$ de la última fraguó á las 26 horas de estar sumergido, y á los tres dias habia adquirido regular dureza. El mismo cemento mezclado con otro de 25 por 100 de arcilla en la proporcion de $^2/_5$ del primero, $^1/_5$ del segundo y $^1/_6$ del total de cal comun, produjo un resultado análogo al anterior.

De esperimentos hechos en el camino de hierro de Sevilla á Jerez con el cemento indicado, resultó que la mezcla de 5 partes de este, 6 de cal comun y 4 de arena, fraguó á las 24 horas; 1 de cemento, 1 de cal comun y 1 de arena, habia fraguado en el mismo tiempo; 2 de cemento, 2 de cal comun y 2 de arena no fraguó y se deshizo; 4 cemento, 6 cal, 4 arena habia fraguado á las 24 horas.

Será conveniente cuando hayan de emplearse las cales ó cementos de que pueda disponerse en una localidad si no se conocen sus propiedades, hacer esperimentos preliminares sobre la cantidad de arena que admiten, tiempo de fraguado, endurecimiento que adquieren, etc., etc.

Influencia de la consistencia en el fraguado.

No debe juzgarse de la dureza que podrán adquirir los morteros por la velocidad del fraguado, pues esta velocidad depende tambien

de la cantidad mayor ó menor de agua que se emplee en el apagado. Esta circunstancia hemos tenido lugar de observarla con cementos de Guipúzcoa, los cuales en algunos esperimentos que verificamos con ellos, sumergidos de consistencia blanda no fraguaron hasta una hora despues de la inmersion, y amasados de consistencia de pasta fuerte fraguaban de los 5 á 15 minutos.

Cuando los morteros no hayan de sumergirse inmediatamente, sino que como sucede en revestimientos de cáuces se echa el agua en estos despues de empleados, pueden tener ventaja algunas mezclas hidráulicas que sumergidas inmediatamente no darian buenos resultados, lo cual es importante para la economía de las obras. Caso en que no se sumergen inmediatamente los morteros.

Los progresos de la solidificacion de cales comunes y puzolonas enérgicas, ó muy enérgicas, se advierten aun en el tercer año de la inmersion; pero en los morteros de cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas, no son ya sensibles pasado el segundo año. Progresos del endurecimiento.

Cuando los morteros hayan de emplearse en terrenos húmedos, se sigue respecto del apagado de la cal los preceptos indicados para los espuestos á la intemperie. Relativamente á las proporciones de las mezclas, cuando están compuestos de cal comun apagada por el procedimiento ordinario, la resistencia decrece á contar desde 0,5 á 2,9 partes de arena por una de cal en pasta. En las mismas circunstancias apagada la cal por inmersion, decrece desde 1,15 de arena por uno de cal; cuando la estincion ha sido espontánea, decrece desde dos de arena por uno de cal. Morteros empleados en terrenos húmedos. Su composicion.

Cuando la cal es hidráulica, cualquiera que sea el procedimiento de estincion que se emplee, aumenta la resistencia desde 0 á 0,9 de arena por uno de cal, y permanece igual hasta 2,4 partes de arena.

Los morteros de cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas que endurecen en terrenos húmedos, son buenos tambien para empleados á la intemperie y en el agua.

Los morteros de cales hidráulicas de buena calidad ó las pastas puzolánicas que han adquirido resistencia á la intemperie, la conservan en terreno húmedo.

Segun Vitrubio, los romanos empleaban las puzolanas en ciertas obras hidráulicas, dejando estas en seco durante dos meses para que macizaran y fraguaran los morteros. Tambien hacian los morteros hidráulicos con cal y ladrillo ligeramente molidos, con estos construian el revestimiento de cisternas, acueductos y otras obras, alisando la superficie con asperon y cubriéndola con un enlucido particular cuya composicion se ignora. Morteros romanos

La causa del endurecimiento de las cales grasas empleadas al aire libre ó en la parte interior de los edificios, se verifica por la Causas del endurecimiento de los morteros.

absorcion del gas ácido carbónico que existe en la atmósfera, devolviendo en parte á la cal las propiedades de carbonato calizo que poseia antes de la calcinacion. Ya citamos anteriormente los esperimentos que daban á conocer que la privacion del contacto del aire con las cales grasas hacia se conservasen estas indefinidamente en el estado de blandura que tenian al amasarse; pero este endurecimiento no evita el que se vuelvan á reblandecer, si se ponen en contacto con agua.

La absorcion del gas ácido carbónico no es suficiente para endurecer masas considerables; así es que en las construcciones de obras en que se emplean las cales grasas, si endurecen pronto es porque son masas de poca consideracion las que sirven para unir las mamposterias; de otro modo seria sumamente lento el endurecimiento interior de la masa, ó se conservaria en el mismo estado que al principio; por esta razon no puede atribuirse á la absorcion referida el endurecimiento de las cales y morteros hidráulicos. Algunos análisis han demostrado que este efecto proviene de la formacion de un silicato de cal y alúmina producido por la sílice contenida en las cales hidráulicas naturales ó en la puzolana de las artificiales que combinándose con el agua produce un hidrato duro. En los efectos de la combinacion química puede tener gran influencia la calcinacion, y exige esta la sílice reducida á un grado de tenuidad grande, como sucede en las cales hidráulicas naturales y en las arcillas que se mezclan para formar las artificiales.

El ácido carbónico produce una cristalizacion confusa que da gran adherencia entre la cal grasa y la arena; pero este trabajo íntimo no puede tener lugar sino al cabo de gran número de años. Este resultado esplica el endurecimiento de los morteros de edificios antiguos que suele atribuirse á otras causas.

Cuadro de proporciones de varios morteros.

El siguiente cuadro da á conocer las proporciones de las mezclas que se indican por Claudel y Laroque para diversos casos.

Clase de cal.	Volúmen.				Observaciones.
	Cal apagada por fusion.	Arena de rio.	Cemento de tejas.	De puzolana.	
	Met. Cúb.	Met. Cúb.	Met. Cúb.	Met. Cúb.	
Cal grasa	0,370	0,950	»	»	Muros y cimientos de edificios.
Idem algo hidráulica	0,340	»	0,820	»	Empedrado de patios.
Id. id	0,250	0,940	»	0,200	Recipientes ó depósitos de agua.
Hidráulicas muy enérgicas	0,360	1,000	»	0,040	Obras en el agua.
Id. enérgica regular	0,333	1,020	»	»	Servicio de aguas y alcantarillados de París para las construcciones hidráulicas.
Id. id	0,370	0,950	»	»	Servicio de la navegacion y puentes de París.
		De playa.			
Id. id	0,380	1,020	»	»	Mampostería del fuerte de Marenton.
	Por inmersion.				
Id. id	0,440	1,000	»	»	Para revoques.
Id. id. muy árida	0,100	1,000	»	»	

Influencia de las aguas. La calidad de las aguas que sirven para apagar las cales ó para amasar los morteros ejerce mucha influencia en la calidad de estos.

Aguas filtradas. El agua mas conveniente es aquella que pueda obtenerse mas pura, como sucede con las de manantiales, con tal que no sean minerales ó salinas, las de arroyos y rios de fondo arenoso, de grava ó arena y de los torrenciales de roca en que las aguas están batidas.

Aguas de terrenos yesosos. Las aguas que corren á través de terrenos yesosos no son buenas, por impedir la cohesion de los morteros el ácido vitriólico que contienen, combinado con los principios alcalinos de la cal.

Aguas estancadas. Las aguas impuras estancadas, y las demasiado crudas ó frias, no dejan desenvolver á la cal su cristalizacion, resultando morteros desmoronadizos por esta causa. Cuando se emplea agua de pozo debe dejarse airear algun tiempo.

Aguas de mar. Las sales que contienen las aguas de mar, hace no sea conveniente emplearlas para el apagado de la cal ni amasado de morteros.

Para ver la influencia que puede tener el agua de mar en el apagado de las cales, Vicat ha verificado varios esperimentos que cita en su *Memoria* de 1856, tratado de la *Composicion de morteros, cementos, etc.* Los verificados con varias cales grasas han confirmado las observaciones hechas en el puerto de Tolon, por el ingeniero Noel, á saber: que empleando el agua de mar para apagar las cales, aumenta mucho menos su volúmen que empleando agua dulce, y forman una pasta granugienta. A pesar de que no hay esperimentos suficientes que den en la actualidad á conocer las consecuencias que puede traer el empleo del agua de mar para amasar los morteros, aconseja Vicat debe preferirse el agua dulce.

Los morteros en que se ha empleado agua de mar, se cubre de eflorescencias salinas, que hacen insalubres las habitaciones. En la construccion de almacenes de sal es muy perjudicial su empleo, pues se deterioran mucho las mamposterias construidas con morteros en que se haya usado el agua referida.

Hormigones.

Composicion. Se da el nombre de hormigon á la mezcla de cal, arenas y piedra pequeña machacada ó sin machacar, ó mezcladas ambas clases; suelen emplearse tambien fragmentos de ladrillo ó escorias.

Hormigones empleados por los romanos. Los romanos hicieron mucho uso del hormigon en las obras subterráneas, en las hidráulicas y tambien en los edificios civiles; en estos, mas bien que hormigon, era una mampostería hecha con piedra de pequeñas dimensiones.

La piedra que se mezcla con el mortero para componer el hormigon debe de estar limpia de tierra, para lo cual es préciso lavarla antes; su tamaño es generalmente de 4,5 á 7,5 centímetros. Calidad, tamaño y proporcion de la piedra.

La proporcion del mortero en los hormigones varia segun sea el tamaño de las piedras y debe ser tal, que envuelva completamente estas y rellene los huecos. Las cantidades asignadas por los autores en los tratados de construccion son muy variables, aconsejándose por algunos que no debe mezclarse menos de dos volúmenes de piedra por uno de mortero; pero debe tenerse presente el objeto con que se empla el hormigon.

Cuando el mortero no está destinado para resistir á la presion del agua, el volúmen del mortero que se mezcla es igual ó inferior al de los huecos; pero si lo está, se echa un esceso de mortero de una cuarta parte de estos huecos.

Las proporciones de los materiales que entran en un metro cúbico de hormigon, empleando piedra sin partir cuyas dimensiones sean inferiores á 0,05 segun el *Aide memoire* de *Claudel*, son las siguientes, contando con el esceso de mortero.

Mortero. Met. Cúb.	Piedra. Met. Cúb.	OBSERVACIONES.
0,55	0,77	Para zampeados, depósitos, etc., sometidos á gran presion de agua.
0,52	0,78	Para obras de aguas, cañerías de París.
0,48	0,84	Para las obras de navegacion de París, fundaciones de puentes, de diques, etc.
0,45	0,90	Para fundaciones de edificios, para terrenos húmedos y movedizos.
0,38	1,00	Para macizos, cimientos, etc., en terrenos secos y movedizos.
0,20	1,00	

Para piedra partida ó cantos de grueso uniforme se añadirá al volúmen del mortero del cuadro anterior, el aumento de volúmen de los huecos correspondientes á ella.

Al hablar de los morteros hemos indicado todas las circunstancias que deben tenerse presente en los diversos casos que pueden emplearse respecto de su composicion, la calidad de arenas y puzolanas, y proporciones de estas. En caso que los hormigones se destinen para obras hidráulicas, se empleará morteros hidráulicos ó pastas puzolánicas. Clases de mortero empleadas en los hormigones.

Mezcla de los materiales.

Para fabricar el hormigon debe empezarse por hacer el mortero, y despues de hecho este mezclar la piedra; si se hiciesen todas las operaciones á la vez, no saldrian bien mezclados los materiales. Al fin de la seccion se describen varios aparatos para la fabricacion.

Cuando el hormigon se emplea en sitios secos, exige pocas precauciones su uso, pues basta echarle con palas, cubos ú otro medio sencillo y estenderle convenientemente; pero cuando se tiene que usar en obras sumergidas, como sucede en las fundaciones de puentes, esclusas, etc. es necesario verificarlo con cierta precaucion para que no se remueva y desaparezca la cal, ó se descomponga el mortero antes de llegar al sitio en que ha de emplearse.

Medios de sumergir el hormigon.

Puede verificarse la inmersion con tubos, pero generalmente se usan cajas en forma de pirámide truncada, suspendidas por algo mas arriba del centro de gravedad. Haciendo girar la caja se echa el hormigon en el sitio que ha de quedar, bajando esta por medio de cuerdas ó cadenas, y un torno ó polea colocado en barcas, andamios ó gruas.

Estas cajas suelen tener tambien su fondo movible por medio de charnelas, y abriéndose al llegar al sitio conveniente cae el hormigon; otras son semicilíndricas y se abren por su mitad en el sentido de la longitud. El cierre que se emplea en estas cajas es un cerrojo que al llegar al fondo de dicha caja se corre tirando desde la parte superior por medio de cuerdas, y el peso del hormigon hace abrir la caja.

En los *Anales de puentes y calzadas* de 1854, se describe un cierre para estas cajas, ideado por el conductor Sesquieres; tiene la ventaja de que se abre por sí mismo al llegar al fondo. La caja que usa es prismática de 0,^{m3}26 de capacidad, aunque podria hacerse de mayores dimensiones con dos asas, á las cuales se atasen las cuerdas. En la parte inferior de la caja hay una barra longitudinal en cuyos estremos tiene unos topes que se levantan al tocar la barra en el fondo y cae el hormigon. Este sistema exige menos operarios.

En los tratados de construccion se describen los aparatos usados para sumergir el hormigon; pueden verse igualmente en la publicacion *Nouvelles annales de construccion* de 1855.

Precauciones que exije el empleo del hormigon.

El hormigon debe estenderse por capas, macizándose por la misma presion que ejercen unas sobre otras. El apisonarle altera el fraguado cuando se emplean mezclas hidráulicas. El macizarle por compresion, aunque no es ventajoso tampoco en el último caso indicado cuando está blando, segun Vicat, hace que adquieran mayor peso

específico y resistencia cuando han adquirido consistencia regular y está encajonado. Tambien hace adquirir resistencia á los hormigones compuestos de cal grasa y arena empleados en parajes secos. Vicat considera muy mal sistema el sumergir el hormigon amontonado y estenderle despues.

Debe sumergirse el hormigon cuando la pasta está ya fria, lo cual prueba una buena estincion; el verificarlo en caliente seria sumamente perjudicial, pues concluiria de apagarse dentro del agua aumentando de volúmen y descomponiendo la masa. Debe sumergirse igualmente antes que pierda su ductilidad secándose al aire, pues de lo contrario no llegaria á adquirir en lo sucesivo la dureza que podria obtenerse sumergido en pasta consistente, pero no seca completamente; escepto en el caso de emplearse formando bloques artificiales ya endurecidos.

A pesar de que debe hacerselo el hormigon necesario á medida que se emplea, si se tuviese que guardar alguna vez de un dia para otro y hubiese endurecido, puede manipularse de nuevo, añadiendo el agua prudentemente; sin embargo, esto no es ya conveniente verificarlo cuando la desecacion ha sido violenta, ocasionada por el sol ó un viento fuerte.

Los hormigones sumergidos durante el invierno adquieren mas lentamente la cohesion, lo cual favorece la accion destructora del agua, en particular de la del mar. Para estudiar dicho efecto Vicat hizo sumergir simultáneamente en agua del Mediterráneo y del Océano á 8 y á 22 grados centígrados pastas reconocidas antes como indestructibles. En los dos casos las sumergidas á 8 grados se quebraron completamente á pocos dias; las sumergidas á 22 grados solo se agrietaron en algunos puntos, sin nuevos progresos de destruccion; lo que probó la ventaja de sumergir el hormigon en el agua en la época de los mayores calores.

Despues de sumergido el hormigon se suele formar una lechada abundante particularmente cuando se emplea en el mar. Esta sobrenada en la ataguía ó sitio de la construccion, y es preciso estraerla con bombas que no aspiren demasiado para que no arrastren al hormigon, ó por otros medios. Respecto de las causas que producen estas lechadas, puede verse una nota inserta por Vicat en los *Anales de punetes y calzadas* de 1854, y el análisis de ellas en los de 1856.

Determinacion del volúmen de los huecos que existen entre las arenas ó piedras.

Para determinar la cantidad de cal que debe mezclarse con la arena en los morteros, es preciso medir los huecos que hay entre la arena: esta operacion es muy sencilla. Se toma una cantidad de la arena que haya de esperimentarse, que esté bien seca, se pone en

una caja ó vaso cuyo volúmen se tenga determinado, y se echa agua hasta que se vea llega á la superficie de la arena. Sabiendo el volúmen de agua echada se tiene el de los huecos. Este mismo método sirve para medir los huecos que hay entre las piedras que se emplean en los hormigones.

En la arena de rio se encuentra por este medio que el volúmen de los huecos es de 31 á 40 por 100 del de la arena.

Datos para calcular la cantidad de cal en los morteros y de mezcla en las mamposterías.

Segun los esperimentos citados en el tratado de morteros de Raucourt, la relacion del volúmen de agua que llena los huecos al de los materiales esperimentados es el siguiente, representado en fraccion del volúmen de estos.

Para la arena pulverulenta y tierras..............	0,28
En las arenas finas de 0,m00023 de diámetro......	0,33
En las arenas de 0,m001 de diámetro...........	0,40
En las gruesas de 0,m002 á 0,m004 de diámetro...	0,42
En la arena ó grava de 0,m027 á 0,m04 de diámetro.	0, 50 ó algo mas
Segun Claudel, en la piedra rodada que la mayor no esceda de 0,m05 de diámetro................	0,38
Cuando es el grano uniforme, ó piedra machacada de las dimensiones anteriores..................	0,46

Segun se indicó al tratar de los morteros, hay que tener presentes estos datos ó los que suministren esperimentos especiales para saber el volúmen de mortero que entrará para componer un volúmen dado. Así como la cal ha de llenar los huecos de las arenas en el mortero, este ha de llenar el de las piedras en las mamposterías, y podrá averiguarse la cantidad de mezcla que habrá que emplear, lo cual es necesario para formar los presupuestos de obra.

A continuacion se insertan los esperimentos de Bokeller, ingeniero aleman, insertos en el *Tegnologiste*, 1858, que dan á conocer los huecos que dejan diversas clases de materiales espresados en fraccion de su volúmen:

1.	Mampostería angulosa muy irregular, amontonada sin órden.........................	0,51
2.	Piedra mas pequeña en montones de grueso poco diferente.	
	A ripio de mampostería angulosa.........	0,50
	B ripio natural de piedras angulosas unas y otros redondeadas....................	0,47
3.	Piedras angulosas en monton de grueso desigual, pero en pequeños fragmentos......	0,46
4.	Arena cuarzosa fina y seca de grueso variable..	0,43
5.	Arena id. húmeda......................	0,37 á 0,41
6.	Mampostería irregular colocada en una caja bien apretada.	0,40

7.	Piedra redondeada de gruesos distintos en montones, mezclada con piedras angulosas.....	0,39
8.	Piedras redondeadas en montones de volúmen muy diferente, pero pequeños...........	0,37
9.	Mampostería regular arreglada en una caja....	0,34
10.	Arena fina y seca muy apretada............	0,33
11.	Piedra de empedrados redondeada, de grueso desigual, colocada en una caja...........	0,28
12.	La misma muy apretada..................	0,26
13.	Sillería arreglada y puesta en pequeños montones..............................	0,27
14.	Piedra gruesa, en parte irregular, en grandes montones...........................	0,46
15.	Ripio de pedernal del mismo grueso apretado en caja............................	0,39 á 0,40

Esperimentos verificados en el distrito de Valladolid dieron por resultado que en piedra del grueso medio, como se trae para el firme de las carreteras, habia 0,28 á 0,33 de huecos y 0,37 á 0,43 cuando estaba machacada del tamaño de dos á dos y media pulgadas.

Cales hidráulicas artificiales.

Se han dado á conocer las diferentes mezclas que pueden verificarse con las cales y puzolanas para obtener compuestos hidráulicos; sin embargo, con el objeto de conseguir la union mas íntima entre los materiales, se fabrican cales *hidráulicas artificiales* amasando y calcinando las mezclas de cales y arcillas.

Para fabricar estas se siguen dos métodos que son el de una sola coccion, ó *simple coccion*, y el de *doble coccion*. Daremos á conocer ambos métodos y los diferentes ensayos hechos para obtener la mas perfecta imitacion de las cales hidráulicas naturales y de los cementos. **Método de fabricacion.**

El método de simple coccion consiste en mezclar las margas, cretas ó tobas calizas pulverizadas, reducidas á pasta, con la arcilla, amasando esta mezcla, y formando ladrillos ó tortas que se cuecen despues de secos. **Método de simple coccion.**

Por el segundo método se mezcla la arcilla con la cal apagada, calcinando ó cociendo tambien la mezcla que resulta. Este método es generalmente mas caro que el primero, pero la mezcla sale mas perfecta. Las arcillas finas, suaves al tacto, son las mejores para esta fabricacion. **Método de doble coccion.**

Es necesario tener cuidado que la mezcla esté perfectamente hecha y bien seca antes de calcinarse, pues de lo contrario puede pro-

ducir cales muy poco enérgicas, como lo prueban varios esperimentos de Berthaut-Ducreux.

La mezcla de la cal y de la arcilla se hace en una alberca ó depósito algo elevado, y del cual puede pasar la lechada, despues de aposada la pasta, á otro depósito inferior, vertiendo por fin en el último el agua mas clara; para este objeto se escoje, si es posible, un terreno inclinado en el cual puedan cómodamente construirse estas albercas. Es conveniente sean de poco fondo.

Con la pasta indicada se forman ladrillos ó tortas, que se dejan secar para cocerse despues.

Imitacion de las cales hidráulicas naturales y cementos.

Las proporciones de la cal y de la arcilla se dosan segun el grado de hidraulicidad que se quiere obtener; pero hay que tener presente que no podrá efectuarse la combinacion química tan íntima como en las cales hidráulicas naturales, y menos formar cementos que fragüen con la velocidad de los naturales muy enérgicos; sin embargo, se consiguen por este medio cales que dan buenos resultados en las obras hidráulicas, y son mas ventajosas que las mezclas puzolánicas.

Hace bastantes años que se establecieron en Francia fábricas de cales hidráulicas artificiales. El método empleado era el siguiente:

La creta y la arcilla, mezcladas en las proporciones convenientes, se echaban en la canal de un molino, análogo al que se describe al tratar de los aparatos para fabricar morteros, añadiendo el agua necesaria para formar una lechada, quitando toda piedrecita ó cuerpo estraño. Esta lechada caia por compuertas á depósitos descubiertos, en donde se dejaba reposar, y la mezcla quedaba depositada en el fondo. El agua se estraia por medio de bombas, y adquiriendo la pasta una consistencia algo fuerte, estaba en disposicion de cortarse en prismas.

Estos prismas, secados covenientemente, se cocian en hornos cónicos con capas de hulla, sacando por la parte inferior del horno los ya cocidos, y sustituyendo los superiores con otros nuevos.

Esperimentos de Pasley sobre la fabricacion de cementos.

Pasley ha verificado en Inglaterra varios esperimentos para la fabricacion de cales hidráulicas artificiales; combinó en varias proporciones la arcilla y margas calizas, determinándolas generalmente por medida, reducidas á polvo fino, despues de cocidas, pues en seco no se mezclan tan bien los materiales, y verificaba despues la segunda coccion. Para juzgar si la mezcla estaba bien cocida, veia si el ácido muriático producia efervescencia en ella.

En los esperimentos varió las mezclas, empleando margas calizas, sílice y alúmina pura, la combinacion de ambas, el protóxido de hierro, y otros óxidos metálicos y carbonatos de magnesia, sosa y potasa.

Indicaremos los resultados obtenidos de las diferentes combina-
:iones.

Carbonato de cal y protóxido de hierro.—No pudo endurecer en l agua, deshaciéndose con facilidad.

Carbonato de cal y sílice.—En las proporciones de mitad de cali-ı tierna y mitad de sílice en peso, bien pulverizadas, produjo á ve-es mezcla hidráulica, pero los resultados eran variables, lo que tribuye Pasley á estar mal pulverizada la sílice.

Carbonato de cal y alúmina.—En la proporcion de mitad de pas-ı de alúmina en medida, aunque formaba una pasta hidráulica; sin mbargo era de poca solidez.

Carbonato de cal y carbonato de magnesia.—Creta pulverizada el carbonato de magnesia humedecido, mezclados y calcinados, roducian muy mal cemento cuando la proporcion de la magnesia o era mitad de la del carbonato. Con mitad de polvo de creta y pasta e magnesia no se deshacia la mezcla por la inmersion inmediata, y veces formaba un cemento muy sólido.

En general, todas las combinaciones ó compuestos dobles enun-ados nunca dieron resultados satisfactorios.

Carbonato de cal, sílice y alúmina.—La proporcion de cinco me-idas de caliza en polvo y dos de arcilla, llamada tierra de pipas, es que produce el mejor resultado: tambien añadiendo de una mitad un tercio de protóxido de hierro, dice, produjo buen cemento; endo el efecto del hierro el verificar un fraguado mas pronto, y ıayor intimidad en la combinacion.

La combinacion de carbonato de cal, sílice, alúmina y carbonato ͻ magnesia, produjo, como con el protóxido de hierro, mas pronti-ıd de fraguado en las proporciones de la esperiencia anterior. alcinado el todo, fuese moderadamente ó algo fuerte, siempre pro-ıjo buenos resultados.

Mezcla de arcilla fresca azul de aluvion y creta.—Esta combi-ıcion fue la que mejores resultados produjo con las proporciones ͻ algo menos de cinco medidas de creta por dos de arcilla. La arci-ı de aluvion espuesta al aire, que toma un color amarillento, no :odujo buenos cementos, pues aunque fraguaba pronto, se desha-a despues.

Para hacer recobrar la energía á la arcilla aireada, verificó Pas-y la mezcla con $^1/_{15}$ del total de polvo de carbon ú otra materia ombustible, como hulla, resina, etc., pues estas mezclas producen cocerse la transformacion del peróxido de hierro en protóxido.

Los esperimentos verificados para vivificar la mezcla por medio el carbon, dieron que, al cabo de cierto tiempo de dejar secar al

aire la mezcla, habia que añadir carbon, siendo por consiguiente mas económico el cocer aquella recien hecha.

Tambien el protóxido de hierro y el carbonato de magnesia parece devolver á la arcilla su energía.

Creta y arcilla de cantera en las proporciones anteriores.— Las arcillas finas de esta clase, cualidad esencial para la formacion del cemento, produjeron tambien buenos resultados, teniendo la ventaja de no perder sus propiedades por la esposicion al aire tan pronto como empleando la de aluvion.

Los esperimentos con calizas y polvos de teja para formar la pasta de cal hidráulica artificial no tuvieron buen resultado, lo cual confirma lo que dijimos al tratar de las mezclas de esta clase, resultados que atribuye Pasley á que en la coccion perdió su plasticidad la arcilla.

Tanto por haberse empleado en obras de España, como por ejemplo de fabricacion y composicion, daremos á conocer algunos cementos artificiales estrangeros.

Fabricacion del cemento conocido con el nombre de Portland.

Uno de los cementos que mas éxito han tenido, es el conocido con el nombre de *Portland*, fabricado en Inglaterra y estraido para las obras de varios puertos.

En Inglaterra se fabrica con creta de las orillas del *Támesis*, mezclada con un fango arcilloso que arroja este mismo rio y el *Medway* convenientemente elegido. Los materiales se trituran con ruedas de molino, empleando mucha agua para obtener un polvo muy fino y mezclarlos bien. Para conseguirlo mejor se estrae por decantacion tomando solo el polvo que sobrenada, el cual se deja reposar en el noque ó depósito, y cuando se ha secado se procede á la calcinacion. Esta se verifica hasta empezar la vitrificacion; despues se tamiza y pulveriza y se embarrila para espenderlo.

El peso del metro cúbico es de 1268 kilogramos. Se contrae 0,29 al amasarse.

Los análisis de Vicat dan para este cemento

Cal..................................	68,11
Sílice..................................	20,67
Alúmina..............................	10,43
Oxidos en hierro................	0,87

Recibe el nombre de Portland por la analogía de color que adquiere despues de amasado con la caliza jurásica de esta localidad.

La dificultad de fabricar el cemento por el método indicado, en razon á tener que guardar las mismas proporciones, y la de elegir el fango, ha hecho se trate de verificarlo empleando una caliza arcillosa, habiendo sacado en Francia privilegio con este objeto Mr. Du-

pont. La fábrica establecida en dicho país en Boulogne-Sur-Mer, suministra el cemento de *Portland,* al cual aunque impropiamente le dan el nombre de natural.

La caliza arcillosa empleada se encuentra en el terreno cretáceo superior. Contiene 19 á 25 por 100 de arcilla. Las proporciones de la sílice y alúmina en esta arcilla varían. La caliza se mezcla con margas ó arcillas, empleando solo el agua necesaria para formar una pasta, y al salir del molino se forman ladrillos que se calcinan cuando se han secado del modo conveniente.

La composicion de la pasta se procura que sea muy homogénea, pues de lo contrario las partes mas ricas en sílice se fundirian formando un silicato, el cual no se combinaria con el agua. No es suficiente para la càlcinacion la temperatura ordinaria de los hornos de cal; hay que elevarla hasta el calor blanco que aglutine la masa. Por elevada que sea la temperatura no resulta inconveniente, porque las partes que hubieran podido perjudicar á la calidad del producto, son las que entran en fusion, lo cual es ventajoso.

Despues de calcinado se pulveriza y tamiza, desechando la parte escorificada ó pulverulenta.

El peso del metro cúbico de este cemento sin apretar es de 1270 á 1585 kilógramos. Se contrae al amasar 0,30. Tarda en fraguar de 12 á 18 horas, lo cual es un inconveniente para emplearlo en las obras marítimas. Al cabo de un año de inmersion resiste 45 á 50 kilógramos por centímetro cuadrado; siendo así que el cemento inglés resiste solo 30 á 35, y el mejor cemento romano 12 á 15. Mezclado un volúmen de este cemento con 4 de arena, parece resulta un mortero muy resistente, tanto como el formado por el de una parte de cemento inglés y dos de arena.

El análisis de una muestra de este cemento presentada en la esposicion de Paris en 1855, dió

Cal	65,13
Magnesia	0,58
Sílice	20,42
Alúmina y un poco de óxido de hierro y trazas de sulfato de cal	13,87

Se vende á 8 francos quintal métrico puesto en el litoral. Se ha tenido presente en la calcinacion las indicaciones de Vicat y los esperimentos del químico Delamarre relativas á las cales calcinadas hasta reblandecerse, de que se hace mencion al tratar de la calcinacion.

Cemento artificial de Moissac.

Uno de los cementos artificiales presentado en la esposicion citada de 1855, es el que se fabrica en Moissac, pulverizando la caliza por medio de una muela vertical al principio de la operacion, y despues por otra horizontal. El horno que se emplea es circular, de 0,80 metros de diámetro máximo, y 7 á 10 de altura. La camisa es de piedra refractaria. Se calcina el cemento en forma de ladrillos, los cuales se vuelven á pulverizar, y se tamiza el polvo que resulta.

Para fabricar este cemento se mezclan con la caliza los fragmentos, muy cocidos ó vitrificados, que resultan de las hornadas de cal, las escorias de forjas, arcillas cocidas ó materiales vitrificados que produce la coccion del ladrillo ó teja.

Este cemento parece que agarra bien á los materiales; se puede mezclar con tres volúmenes de arena por uno de cemento, y solo tiene necesidad de un volúmen de agua de $^{1}/_{8}$ del total. Puede recibir pintura sin preparacion preliminiar; no se hiende ni se altera con el hielo, y es muy compacto é impermeable. De los esperimentos hechos mezclando dos partes de cemento y tres de arena, resultó que podia resistir al aplastamiento 81 kilógramos por centímetro cuadrado. Al cabo de nueve meses era de 77 kilógramos, siendo así que los esperimentos hechos con ladrillos comunes solo dieron de 56 á 68 kilógramos. Los esperimentos hechos por la comision dieron á conocer que la resistencia al desgaste era mayor que en ninguna piedra caliza. El análisis de las muestras produjo:

Cal..	45,40
Magnesia......................................	1,89
Sílice..	29,86
Alúmina.......................................	29,86
Alúmina y trazas de óxido de hierro....	20,04
Sulfato de cal................................	2,81

El precio de fábrica es de 5 francos quintal métrico. Se fabrican con él baldosas, empleándole solo ó bien revistiendo el hormigon y mortero ordinario. Tambien se ha empleado en construcciones de bóvedas.

Esperimentos de Kuhlman sobre la influencia de la potasa y de la sosa.

Dice Kuhlman en una memoria presentada á la Académia de Ciencias de París, haber llamado su atencion la sal alcalina que dejan las cales hidráulicas al lavarlas en cantidad mas considerable que las cales grasas; todos los cementos que analiza dieron notable cantidad de potasa, y para ver la influencia que podian tener las sales de potasa ó sosa, emprendió algunos esperimentos que espondremos á continuacion.

Cales hidráulicas artificiales por la via seca.—Aunque la cal pue-

da combinarse directamente con la sílice por la calcinacion, cuando se pone la sílice en estado de hidrato, se facilita mucho la combinacion, añadiendo un poco de potasa ó de sosa, ó sales de esta base que son susceptibles por la calcinacion de convertirse en silicato. Por la transformacion de mucha parte de carbonato de cal en silicato, no es necesario el añadir una gran cantidad de álcali ó de mezcla de creta y arcilla, porque el objeto de este álcali es solo de facilitar el trasporte sucesivo de la sílice sobre la cal.

Cal hidráulica artificial por la vía húmeda.—Ha visto Kuhlman la posibilidad de preparar cales hidráulicas y cementos por vía húmeda, sirviéndose de sílice y alúmina disuelta en el agua por medio de la potasa ó de la sosa; se forma un aluminato y un silicato que no se deshace en el agua y posee las propiedades de cal hidráulica natural. Así es que cree el referido químico puede hacerse hidráulico el cemento á voluntad y en todos los paises, cualquiera que sea la naturaleza de la cal, y en donde no sea muy cara la potasa. Se podrán hacer hidráulicos los cementos solo en las partes en contacto con el agua, dando las superficies esteriores con una solucion de silicato de potasa.

Se obtiene un cemento mas barato tanto por la vía seca como por la húmeda, añadiendo sulfato de alúmina ó de alumbre á la cal ó creta. En Inglaterra y Francia se emplea el alumbre para endurecer el yeso rociándole con él.

Cuando se cuece la caliza con un 8 á 10 por 100 de sulfato de hierro ó de protóxido de manganeso, se obtiene un compuesto hidráulico, pero que solo toma consistencia en la humedad.

Es preferible la potasa á la sosa en la fabricacion de silicatos, porque el carbonato de potasa no forma como el de la sosa eflorescencias en las construcciones espuestas al aire, circunstancia que es indiferente en las sumergidas ó mas bien favorable. La sosa tiene la ventaja de ser mas barata, y disuelve mayor cantidad de sílice por ser mayor su capacidad de saturacion que la de la potasa.

Los numerosos esperimentos verificados por Kuhlman le han dado á conocer que la adicion de potasa ó sosa á las cales hidráulicas y cementos naturales aumenta su hidraulicidad; sin embargo que la esperiencia sola podrá decidir. Hay que tener en cuenta la accion de los hielos, las eflorescencias salinas y otras causas mas ó menos destructoras.

Cementos por la vía húmeda.—Ha observado que poniendo en contacto (aun en frio) la creta con una disolucion de los silicatos, se verificaba un cambio de ácidos entre las dos sales, y una parte de la creta se trasformaba en silicato de cal, y que se producia una

cantidad correspondiente de carbonato de potasa. Cuando el polvo de la creta ha pasado así parcialmente al estado de silicato de cal, la masa que resulta endurece poco á poco hasta adquirir una dureza tan grande ó mayor que los mejores cementos hidráulicos. Preparada con una cantidad suficiente de silicato y formando lechada, posee la propiedad de adherirse fuertemente á los materiales. Los silicatos de potasa ó de sosa pueden tambien servir para la preparacion de morteros análogos á los cementos, sin que sea necesário calcinar la creta.

Observaciones relativas á la calidad y empleo de las cales artificiales.

Los cementos artificiales son en general inferiores á los naturales, los cuales endurecen mas pronto y llegan tambien mas pronto á su máximo de dureza; pero tienen los primeros la ventaja de que bien pulverizados, aun despues de haberse pasado bastante tiempo despues de fraguar, y amasados de nuevo, producen buen mortero hidráulico. Tambien se contraen menos al secarse que las cales hidráulicas naturales, lo que hace sean ventajosos para los enlucidos y obras plásticas.

Vicat en vista de sus esperimentos cree no ser posible la exacta imitacion de las cales hidráulicas por la mezcla de cales comunes apagadas y de los cementos, lo cual produce un compuesto que tarda quince ó veinte dias en fraguar (1).

Fabricacion de los morteros y hormigones.

Manipulacion ó batido de las mezclas.

En las obras de poca duracion ó importancia se hace la mezcla tomando la cal lo mas pronto posible despues de apagarse, y se va apilando con la arena en la proporcion que se adopte; se riega la superficie del monton y se forma así una costra que preserva el interior. De aquí se va sacando la necesaria, *batiendo* la mezcla con el agua en un recinto ó poza que se forma con arena.

Es mas cómodo y mas conveniente el batir la mezcla en noques ó albercas, como las indicadas al tratar del apagado de la cal.

Es conveniente que la manipulacion del mortero se haga con el esmero necesario, para que resulte una mezcla intima de la cal con la arena; pero pasado cierto límite seria perjudicial, cuando se emplean cales hidráulicas, el efecto mecánico de una trituracion demasiado prolongada, y habria mas facilidad de que perjudicase la accion atmosférica.

(1) Al tratar en la sesta seccion de los estudios verificados por Rivot y Chatoney, se incluye todas las deducciones de estos relativos al fraguado de las cales, sus propiedades y de los cementos, morteros y puzolanas; pero algunos resultados deben tomarse con precaucion.

Cuando se hace el batido de la *mezcla*, debe cuidarse de no emear el agua con esceso, pues en este caso se obtiene sin consistena, se *ahoga*, y resulta que no tiene el mortero en lo sucesivo tanta sistencia, en particular cuando las cales son hidráulicas (1). En las oras de alguna importancia es necesario tener un encargado espeal al cuidado de los operarios con las instrucciones convenientes. l agua debe echarse poco á poco removiendo sucesivamente la meza hasta hacerla adquirir la consistencia de una pasta arcillosa. Las chadas solo se emplean en circunstancias especiales, como sucede uando hay que rellenar juntas de sillería ó para blanqueos.

La manipulacion no debe dejarse hasta que esté perfectamente iezclada la cal con la arena.

Cuando se emplean arenas de distintos gruesos, puzolanas ó rava para formar hormigones, se mezcla primeramente la cal con ı mas fina de las arenas ó con la puzolana, y cuando está bien mezlada se continúa por las que siguen en tamaño; de este modo se ıace con mayor facilidad la mezcla y se forma un todo mas homogéneo.

El batido del mortero debe hacerse á cubierto para que las luvias no *ahoguen* la operacion y no estén espuestos á secarse demaiado por la accion del sol.

En verano absorbe el mortero gran cantidad de agua; pero es reciso añadirla con precaucion cuando se amase, para no esponerle ı los efectos indicados anteriormente.

En las obras de larga duracion hay que disponer los talleres para Talleres.
a fabricacion de morteros y hormigones del modo mas conveniente para el servicio, tratando de obtener la economía posible, que depende de la buena disposicion que aquellos tengan. Es conveniente acopiar los materiales en la parte mas elevada del terreno en que se sitúe el taller, para que haya mayor facilidad para su conduccion á los sitios en que han de emplearse. Esto se verifica comunmente cuando se ejecutan obras en los rios en que favorece la pendiente general del terreno.

En estos casos se coloca la cal, arena, puzolanas, etc. en la parte mas alta, los aparatos para las mezclas del mortero mas abajo y mas que estos los de fabricar el hormigon; de este modo están mejor dispuestos para conducirse cuando se cargan los carretillos, y aun puede aprovecharse á veces la sola accion de la gravedad para dicho objeto.

(1) Dice Vicat que la peor especie de argamasa es aquella que reune á un efecto de adherencia á los cuerpos que se mezclan con ella, una contraccion considerable y rápida, que es precisamente el caso que tiene lugar con la cal grasa apagada con mucha agua.

Las diversas operaciones que pueden tener que verificarse en los talleres son, como hemos visto, el apagado de la cal, la manipulacion de morteros, hormigones y pastas, la pulverizacion de puzolanas y fabricacion de cales hidráulicas artificiales.

Lo delicado de todas estas operaciones, y la influencia que en el resultado de las obras pueden tener, hace, en nuestro concepto, que ninguna de ellas deba ejecutarse á destajo ó por contrata, pues la economía que resultase podria ser aparente, y la buena organizacion de un taller hará que no salgan tan caras como puede suponerse. La pulverizacion de las puzolanas es la que podrá verificarse de aquel modo. Cuando está la obra contratada hay que ejercer mucha vigilancia en la fabricacion de las mezclas.

Para la confeccion de morteros en obras de alguna entidad deberán construirse cobertizos y depósitos á cubierto, para las cales y puzolanas.

Aparatos ó máquinas para batir las mezclas y hormigones. Figuras 64 y 65.

Varios son los aparatos que se han empleado para hacer las mezclas; empezaremos por uno de los mas sencillos. Consiste en un molino de dos ruedas verticales, movidas por caballerías, de que no damos detalles, pues basta la inspeccion de las figuras 64 y 65; la primera, que representa una seccion vertical, y la segunda la proyeccion horizontal.

Para hacer el mortero, se echa la cal apagada en la canal, con el agua necesaria, se hacen girar las ruedas, y cuando la cal esté ya suelta, se echa la arena. Sirve esta máquina para la fabricacion de cales artificiales, pulverizacion de puzolanas, etc.; parece una modificacion del aparato empleado por Betancourt, que es una rueda cónica que gira alrededor de un brazo unido al árbol vertical, y movido por ruedas de engranaje, y del descrito por Raucourt, que consta de dos ruedas de molino girando sobre un platillo.

Las ruedas cónicas giratorias exigen mucha fuerza para moverse, y no producen tan buenos resultados como las cilíndricas.

Molino de Perronet. Figura 66.

Otro aparato describe Perronet que empleó en las obras del puente de Neully; es el representado en la figura 66, compuesto de un bastidor con rastras que se hace girar por caballerías.

En el puente de Burdeos se empleó tambien un medio análogo, pero modificado, sustituyendo á las rastras, que eran de madera, cuchillas de hierro de formas y direcciones diferentes para facilitar la mezcla. Tambien se emplearon en esta misma obra ruedas de tímpano verticales, cuyo mecanismo interior se mueve por caballerías, corriente de agua ó vapor. En la figura 67 se representa otro molino.

Otro molino. Figura 67. Toneles.

Los toneles para fabricar morteros y hormigones se hacen de diversas formas y dimensiones, bien sean cilíndricos ó cónicos trun-

cados, con la mayor base en la parte inferior. El descrito al tratar de las cales, figura 58, 59 y 60, tiene aplicacion para la mezcla de morteros y hormigones.

El tonel de Roger, modificacion del de Bernard, tiene un árbol central giratorio; el tonel puede ser de madera ó de hierro. Toneles de Roger. Figuras 68, 69, 70, 71 y 72.

El árbol es de hierro y lo mismo los brazos de este. La figura 68 es una seccion vertical; la 69 la vista esterior; la 70 proyeccion del fondo, y la 71 los detalles de las clavijas ó brazos del árbol. El fondo está calado para que pase el mortero, y tambien este puede salir por la trampilla que hay en la parte inferior. La figura 72 representa una pieza de fundicion que tiene el árbol en la parte inferior para mezclar el material en el fondo. Tambien tiene una rosca la referida parte inferior que permite subirle ó bajarle.

El disco de fundicion está tambien mas ó menos separado del fondo para obrar con mayor ó menor fuerza sobre él, y al girar hace que salga sucesivamente el mortero perfectamente mezclado por entre los calados.

Para evitar los atascos que suelen verificarse en las ranuras del disco inferior, se ha sustituido una parrilla, y de este modo se presta mejor el tonel para la mezcla ó amasado de diversas sustancias, mas ó menos finas, aproximando los hierros de las parrillas ó separándolos.

De estos aparatos se han construido gran número para las obras de la presa del Nilo. Se hacen para servirse por uno ó cuatro obreros, para caballerias, y recientemente se ha aplicado una locomóvil de cuatro caballos de fuerza, actuando en dos toneles á la vez que fabrican 30 metros cúbicos al dia.

En las obras del depósito de aguas del Campo de Guardias para el abastecimiento de Madrid, se ha empleado un tonel de mezclar y amasar morteros del sistema de Roger perfeccionado. Se hizo de hierro fundido en la fábrica del Sr. Sanford; su diámetro 1,^{m}20 y su altura 1,^{m}60: su costo de doce á trece mil reales. El árbol tenia en su parte superior una palanca horizontal que formaba el malacate ó picadero para enganchar una caballeria. Esta trabajaba de nueve á diez horas, y se fabricaba en este tiempo unos seis metros cúbicos de mortero, necesitándose para el servicio cuatro obreros. La disposicion dada á la chapa giratoria producia un mortero muy bien mezclado. Era necesario no llenar el tonel sino hasta unas tres cuartas partes de su altura para evitar la gran resistencia que se esperimentaba para hacer girar el árbol cuando estaba completamente lleno.

Cuando los toneles de mezclar tienen su fondo sin aberturas para que salga el mortero, no pudiendo verificarlo sino por una trampi- Observaciones sobre los toneles de mezclar.

lla lateral, presenta el grave inconveniente de que la mezclá se acumula en la parte opuesta de la trampilla, apegotándose de modo que obstruye el movimiento del árbol; por lo que deben ponerse al menos dos trampillas de corredera en la parte inferior del tonel; así pueden abrirse mas ó menos estas, facilitando la salida del mortero, y puede verificarse mejor la mezcla.

El ingeniero Mr. Mangon, que describe el aparato anterior en el *Diccionario de artes y manufacturas*, dice que la forma de cono, con la base mayor en el fondo, tiene en general inconvenientes. La cal y la arena ocupan un volúmen tanto menor cuanto la mezcla es mas perfecta, y si al mismo tiempo la capacidad que les contiene va aumentando, resultarán vacios, y los materiales forman una bóveda en la parte superior de los toneles y no bajan. Al contrario, si la base pequeña es la del fondo, no habrá este inconveniente ; pero el esfuerzo necesario aumenta con la compresion del mortero, de modo que los brazos y rastras colocadas en la parte inferior del árbol tendrán que ejercer en pura pérdida un gran trabajo. El objeto que debe procurarse es evitar estos dos inconvenientes. La forma cilíndrica satisface, en los casos comunes, á estas dos condiciones; pero se deberia buscar la mas á propósito para que todos los brazos ó rastras ejerciesen un esfuerzo igual. Esto, dice, podria obtenerse determinando la base inferior respecto de la superior, en la relacion que haya entre el volúmen del mortero y la suma de los volúmenes de las materias mezcladas, multiplicado por la relacion entre la resistencia opuesta á la trituracion por los materiales simplemente mezclados, á la resistencia opuesta á la misma operacion por la mezcla íntima que constituye el mortero. La primera relacion es fácil de conocer; la segunda presentaria alguna mas dificultad ; pero podria obtenerse con mucha aproximacion por los métodos comunes para hallar la resistencia de las materias blandas.

La relacion del diámetro á la altura es tambien muy variable en los toneles que se emplean para las obras. En general, la relacion de la base con la altura debe ser tanto menor cuanto mas poderosos ó de mas capacidad sean los aparatos. A capacidad ó potencia igual, la altura debe ser tanto mayor cuanto mas difíciles de mezclar sean las sustancias; es mejor haya esceso de altura, que defecto, pues abriendo mas la trampilla se remedia el inconveniente que podria resultar del esceso ; y en caso de ser demasiado bajos, se hace necesario disminuir la abertura de las trampillas y se aumenta así el trabajo motor. Los aparatos de mezclar, cuya altura es próximamente tres veces el rádio del cilindro, parece son los que han dado mejores resultados.

Se calcula que el costo de mano de obra de un metro cúbico de mortero hecho á mano, ó con el tonel, está próximamente en la relacion de 1 á 0,25.

Creemos que en los toneles de mucho diámetro los brazos del árbol giratorio, apartándose demasiado del centro, obligarán á ejercer mas esfuerzos y espondrá á que se rompan estos, ó será necerario hacerlos demasiado pesados.

El aparato para moler y mezclar, de que se sacó privilegio de invencion en Francia en 1842 por Lepoince, está representado en las figuras 73 y 74; la figura 73 es la seccion vertical, y la 74 la proyeccion horizontal. Está compuesto de un disco dodecágono de hierro, dividida la superficie superior en cierto número de pirámides cuadrangulares, y practicados tambien en ella agujeros pequeños ó dientes radiados circulares. El tonel, tambien dodecágono, ajustado al perímetro de un disco, puede desmontarse fácilmente por medio de aros de hierro con charnelas y tornillos: *f* es un árbol que gira en su parte inferior, sostenido por arriba con barras de hierro atornilladas á las piezas de madera *r*. Aparato de Lepoince. Figuras 73 y 74.

La parte inferior del árbol tiene tres piezas prismáticas de hierro *i i i*, unidas á otra exagonal *j*, tambien de hierro, en la que gira el eje: mas arriba de los prismas *i i i*, lleva el árbol 12 ó 15 cuchillas *l l*, para cortar y preparar el material antes de someterle á la accion de los referidos prismas. En los lados *m* del referido exágono están sólidamente unidas las tres hojas curvas de hierro inclinadas sobre el disco, y que al girar recogen el material ya mezclado sobre el disco, y le hacen salir por las aberturas circulares *n*, practicadas al estremo del diametro del disco referido.

En la parte superior del árbol hay una rueda de ángulo que engrana con otra vertical, por cuyo centro pasa un eje, y este tiene en cada estremo una manija.

Tambien podria disponerse la máquina para ser movida por caballerías ú otro motor.

Todo el aparato está sostenido por un bastidor *g g*, del que se elevan cuatro piés derechos *z*, sobre los que insisten los traveseros *r*.

En la parte superior y al costado del tonel hay una tolva de madera *s*, con una rejilla de hierro *t*, que no deja paso al material demasiado grueso: en esta tolva se van echando los materiales para hacer el mortero.

En la parte inferior del disco, alrededor de las aberturas *u*, hay un conducto para que salga el mortero ya mezclado.

El mismo inventor modificó despues este aparato, sustituyendo á los rádios rectos otros curvos, figura 75. Figura 75.

Para la fabricacion de hormigon el tonel es de hierro fundido y menos alto, y las cuchillas son de garfio y tridente. Debajo del disco hay una trampilla cuadrada, cerrada por una válvula que se abre de arriba hácia abajo y da salida al hormigon.

Figuras 76 y 77. Para mezclar hormigones se ponen hojas de garfio, figura 76, al lado de las de tridente, figura 77, las cuales trituran mas rápidamente las materias.

Tonel giratorio. Se ha empleado un aparato para la fabricacion de grandes cantidades de mortero, que consiste en un gran tonel giratorio alrededor de un eje horizontal. En la parte esterior tiene unos tablones dirigidos hácia el eje, que forman escalones, en los cuales suben los operarios para hacer girar el tonel; podria adoptarse otro sistema de moverle por medio de engranajes para aplicar caballerias, vapor, etc. Los materiales del mortero se introducen por una tolva colocada en un estremo, y el mortero ya mezclado sale por el otro. El interior del tonel tiene varios brazos para verificar mejor la mezcla.

Aparato de Krautz. Figuras 78 y 79. Para la fabricacion de hormigones ha producido regulares resultados el aparato empleado por el ingeniero Krautz, muy sencillo en su construccion. Es una caja rectangular representada en la seccion vertical, figura 78, y proyeccion horizontal figura 79, con varios planos interiores inclinados, en sentido inverso; por la parte superior se echa el material, todo junto, y cayendo de uno á otro plano inclinado, el hormigon llega ya mezclado á la parte inferior.

Tiene sobre dos y medio metros de altura y menos de uno de lado; puede fabricarse con él de 80 á 100 metros cúbicos al dia, teniendo el mortero preparado.

Aparato de Krautz perfeccionado. Figuras 79 (segunda), 79 (tercera), 79 (cuarta) y 79 (quinta). En la construccion del viaducto de Maus en el ferro-carril del Oeste de Francia se ha usado un aparato para la fabricaciou del hormigon, parecido al de Krautz, y ha servido de modelo para otras obras. Se describe en los *Anales de puentes y calzadas* de 1857.

Las figuras 79 (2), 79 (3), 79 (4), 79 (5) representan la seccion vertical cuando están abiertas las paletas; cuando están cerradas, la vista esterior, cerrado el aparato y la proyeccion horizontal, dando á conocer suficientemente la disposicion para hacer mover las paletas, que puede hacerse con tres operarios, la figura está en escala 0,04, y se ha supuesto cortada por debajo de la cuarta paleta, pero son diez los órdenes de estas en el construido. Se apoya sobre un bastidor horizontal. Puede fabricarse con este aparato de 65 á 70 metros cúbicos por dia de diez horas de trabajo con los tres obreros, sin contar los que conducen el material ni los que recogen el hormigon que sale mezclado. Tiene la ventaja de poderse colocar sobre los sitios en que haya de caer el hormigon.

Para fabricar hormigon en gran cantidad suele emplearse el aparato representado en la figura 80, seccion vertical, y 80 (2) proyeccion horizontal. Aparato de cajones. Figuras 80 y 80 (segunda).

Consta de diez cajones de hierro fundido, como los dos que se indican en las figuras. Se echa la mezcla y piedra en el primer cajon *A*, y por medio de los mangos *a*, se hace girar este alrededor de su eje *b*, y cae el hormigon á la segunda capacidad *B*, y así sucesivamente hasta el último que se vierte en el sitio que ha de emplearse ó en su proximidad.

Puede fabricarse con este aparato unos 35 metros cúbicos en diez horas con diez operarios.

El aparato ensayado en Francia hace pocos años por *Lapito* para mezclar morteros y hormigones, es una esfera de palastro de 0,m70 de diámetro. Esta tiene una trampilla de corredera y por ella se llena con el material que se ha de mezclar, unos $^5/_6$ de su capacidad, dejándole rodar por un plano de 20 por 100 de pendiente de unos 50 metros de longitud, al cabo del cual sale hecho el mortero ú hormigon; el plano inclinado está en espiral, cerrado por costados en los uales va chocando la esfera. Aparato de palastro de Lapito.

Teniendo 0,m24 de metro cúbico con tres hombres y cinco esferas en un dia de diez horas, descontando el tiempo para descanso pueden fabricarse 50 metros cúbicos.

En las obras de alcantarillado del barrio de Sebastopol en París, se ha empleado recientemente un aparato de hélice para la fabricacion de morteros de cemento y arena, por la cual el contratista de dichas obras Greyveldinger ha sacado privilegio. Aparato de hélice. Figuras 77 (segunda).

La figura 77 (2) representa una seccion longitudinal. *A* es una tolva cuyo fondo puede cerrarse por un disco *B* sobre el cual hay el cono *C*, y ambos reciben un movimiento de rotacion rápido por medio de la rueda de ángulo *D*. La tolva tiene en *E* un agujero rectangular de 0,m20 de ancho, y cuya altura se gradúa por una pequeña trampilla móvil de palastro, por medio de una barra dentada de un piñon y de un tope *F*.

Debajo de la tolva hay un tubo que contiene la hélice, cuyo árbol tiene dientes de hierro y puede girar por medio del engranaje *H*. Entre la tolva y el tubo detrás del embudo *J* hay una llave cuyo asiento tiene muchas ranuras estrechas; el cono inferior es un obturador que tapa una parte mayor ó menor de estas ranuras, segun sea la posicion de dicha llave *K*; esta comunica por medio de un tubo de cautchouc volcanizado con una cuba ancha, en la cual se mantiene el nivel del agua constante aproximadamente. Por este medio la llave puede dar chorros bien divididos, y su gasto arreglarse á voluntad.

Para fabricar el mortero se empieza por dosar la arena y el cemento, mezclarlos ligeramente con la pala y pasarlos al pié del aparato, y de allí echarlos en la tolva. La rotacion del disco y del cono concluye de hacer la mezcla de los materiales en seco, y sostiene una caida regular de estos por el agujero *E*. Al caer al tubo por el embudo *J* se mezclan con el agua que cae de la llave. El movimiento de la helice tritura el material mojado, y el mortero completamente amasado cae á los cubos preparados al estremo del tubo. Con el objeto de reemplazar sin detencion los cubos llenos, se colocan sobre un disco *M* que puede girar por medio del manubrio *N*.

Este aparato puede moverse por dos hombres actuando sobre la manija *L*, ó por una máquina de vapor; en este caso se trasmite el movimiento por medio de una correa arrollada al tambor *O*, en cuyo lado está la rueda *P*.

En las obras se empleó una máquina de la fuerza de medio caballo de vapor. Es necesario que haya un obrero inteligente para arreglar el orificio de la tolva, la llave del agua, que suspenda ó dé el movimiento en caso de emplearse el vapor, y ocho obreros para mezclar los materiales, cargar la tolva, traer agua, etc.

En las obras del barrio citado en que se empleó este aparato, hacia 5 metros cúbicos por hora y salia á 4,55 reales metro cúbico, incluyendo obreros, fogonero, carbon, conservacion del aparato y el interés del coste de 9,500 reales de este y de la máquina, suponiendo la amortizacion en tres años.

En los *Anales de puentes y calzadas de* 1858 se describe este aparato y se compara la economía obtenida con el medio que empleaban antes á mano, en el cual no podia hacer un obrero mas de 0,^{m}80 metros cúbicos de mortero al dia, y el costo de este, de los demás empleados en el servicio, herramientas etc. hacia que saliese el metro cúbico á 16 rs. El tiempo que tardan en mezclarse los materiales desde que se mojan en el embudo hasta que se recojen en los cubos, es de diez minutos.

Se necesita tener la precaucion de evitar las detenciones, porque cuando empieza la operacion, la primera mezcla no está bien batida. Es necesario un taller en relacion con el abasto que dé la máquina y que trabaje sin interrupcion, y por esto en obras de poca duracion no traeria cuenta su establecimiento.

En la publicacion *Portefeuille economique des machines* de 1858, se da un dibujo detallado del aparato.

Cernederes ó zarandas.

Para cerner las arenas se emplea generalmente en las obras una ó mas alambreras de hilo de hierro colocadas en un bastidor, que puede inclinarse convenientemente.

Un aparato para tamizar los polvos de puzolana que produce buenos resultados, y hemos visto empleado en las obras del canal de Isabel II para este efecto, consiste en un armazon de hierro rodeado de telas metálicas. Su eje central en comunicacion con una rueda dentada, sirve para dar al aparato el movimiento de rotacion por medio de un piñon y de un manubrio manejado por un operario. En la parte superior hay una tolva para echar la puzolana molida, y de aquí cae á la tela metálica. En la parte inferior se recibe el polvo de la puzolana en un cajon ó tonel.

Observaciones generales sobre los aparatos de mezclar.

Los aparatos que se han descrito tienen ventajas relativas; así es que los mas generalizados han sido los toneles perfeccionados; pero estos en España salen caros, y tienen el inconveniente, cuando se mezclan hormigones, de estar espuestos á romperse los brazos por la gran resistencia que ofrece el material. Esto podrá provenir en parte de las causas indicadas al describir los referidos, es decir, de su forma; ofrecen mas ventaja cuando solo se trata de mezclar los morteros.

El batido de la mezcla *á mano* tiene la ventaja de poderse hacer dando á esta y al hormigon consistencia mas igual; pero segun la duracion de las obras y precios de los aparatos, así será mas ó menos conveniente el empleo de estos, y es lo que ha de guiar principalmente comparando el costo en caso.

Tiempo necesario para fabricar el hormigon á brazo y con aparatos.

Segun Claudel, el tiempo empleado en confeccionar un metro cúbico de hormigon, es el siguiente:

A BRAZO.	Horas.
Lavado de la piedra	0,60
Carga, transporte y *etalaje* de la piedra y el mortero	0,70
Hacer la mezcla necesaria	5.00
	7,30
CON APARATO DE CAJONES.	
Lavado de la piedra	0,60
Medicion aproximada de la piedra y el mortero	2,00
Colocacion de la piedra y mortero en el aparato	0,86
Servicio del aparato	2,86
Sacar el hormigon	0,60
	6,92
CON EL APARATO DE KRAUTZ.	
Lavado de la piedra	0,60
Medicion y aproximacion de la piedra y el mortero	2,00
Para echar los materiales en el plano inclinado,	0,86
Para sacar el hormigon fabricado	0,60
	4,06

Resulta de otros esperimentos que en el batido á brazo pueden hacerse en estacion media, 12 metros cúbicos de hormigon con cinco obreros.

La obra de Anselin, *Esperiencias sobre la mano de obra*, trae datos sobre la confeccion de morteros.

Resistencia de los morteros.

Fuerza de cohesion ó adherencia.

Segun Vicat, los buenos morteros hidráulicos sumergidos en agua dulce ó de mar, llegan á su cohesion final al cabo de tres años próximamente. El progreso es rápido del primero al sesto mes, siguiendo el aumento hasta los veinte y cuatro meses, siendo inapreciable pasado este tiempo.

Los morteros de cal grasa que se emplean en los edificios, llegan á una cohesion de 1,25 á 2 kilógramos por centímetro cuadrado en los parajes secos, y á cubierto.

Los de cales débilmente hidráulicas á la intemperie de 3 á 7 kilógramos.

Los de cales hidráulicas regulares en la circunstancia anterior, 7 á 9 kilógramos.

Los de cal eminentemente hidráulica, de 10 á 17 kilógramos.

Las mezclas de cal grasa y puzolana de primera y segunda calidad, tienen á los dos meses de sumergidas, la mitad de su cohesion final, la cual adquiere á los doce ó quince meses, y no escede generalmente de 14 kilógramos por centímetro cuadrado, estando constantemente sumergida ó en arena húmeda.

Los cementos comunes amasados en pasta blanda y sumergidos algunos minutos despues del fraguado, llegan al cabo de un mes á la resistencia de 3 á 4 kilógramos por centimetro cuadrado; á los cinco meses de 8 á 10 kilógramos.

Los cementos medios 4 á 5 kilógramos, y 10 á 16 en los dos casos del anterior.

Los cementos superiores 17 á 20 kilógramos, y aun llegan á 24 ó 30. Al cabo de cinco meses tienen aproximadamente los cementos referidos la cohesion máxima.

Otros resultados dados por Vicat son los siguientes:

Mortero de cal grasa y arena á los catorce años de empleado era la resistencia de 4,2 kilógramos por centímetro cuadrado.

De mortero mal hecho de 0,75 kilógramos.

Mortero de cal hidráulica y arena de 9 kilógramos.

Cal eminentemente hidráulica á los catorce años 15 kilógramos.

Cemento de Pouilly 9,60 kilógramos segun Mallet.

Dice Vicat (1) que las mamposterías mas atrevidas rara vez llegan á sufrir una presion mayor de 6 kilógramos por centímetro cuadrado, y se puede decir que un mortero puede resistir indefinidamente sin peligro cuando sufre 1,50 kilógramos de tension indefinidamente y sin alterarse; cohesion inferior á la de los morteros de mediana calidad; por lo que en general tienen las obras esceso de resistencia; pero no podria deducirse esto sin esperimentos especiales cuando están espuestos á los choques de las olas; y con este objeto ha hecho el referido Vicat diversas observaciones para ver el grado de cohesion que necesitaban los morteros ú hormigones empleados en agua de mar y agua dulce. Cohesion necesaria para resistir en las obras.

De esperimentos verificados con hormigones empleados por varios ingenieros en obras de rios y puertos, deduce que la cohesion media de una masa de hormigon para echarse al mar desde tierra como escollera, parece debe estar comprendida entre 3 y 4 kilógramos, y conducida hasta su sitio por agua entre 2 y 3; y entre 1,50 y 2 solamente para resistir á los choques de las olas una vez ya en su sitio el hormigon y en estabilidad completa. No se trata de la accion secular del tiempo, pues aun los materiales mas resistentes no la sufren.

Cita Vicat en apoyo de lo indicado antes las esperiencias de Stvenson, el cual, por medio de un aparato al efecto (2), vió que el mayor impulso que las olas ejercen viene á ser equivalente á una presion á lo mas de 3 kilógramos por centímetro cuadrado, que es menor de lo que puede resistir el mortero; por consiguiente no es lo que mas debe preocupar la accion mecánica, sino el efecto químico del agua de mar sobre los hormigones.

Los esperimentos que indica empiezan por los cementos vivos mezclados con cales comunes. En Grenoble se esperimentaron ladrillos de 100 kilógramos de cal grasa cáustica apagada, 78 de cemento de Grenoble y una y media parte en volúmen del todo de arena; esta mezcla, sumergida en agua de mar, al cabo de veinte y cinco meses tenia una fuerza de cohesion de 4,56 kilógramos.

En Argel, ladrillos compuestos de 100 kilógramos de cal cáustica, 100 de cemento de Grenoble, y mas de dos veces y media el volúmen total de arena, al cabo de dos años de sumergidos, su cohesion era de 2,13 kilógramos, y estaban perfectamente conservados.

El cemento empleado en estos esperimentos contenia 12 de áci-

(1) *Anales de puentes y calzadas* 1851.

(2) *Anales de puentes y calzadas* 1849.

do carbónico y agua, 54,56 por 100 de cal cáustica, 24,40 de arcilla, 2,82 de magnesia y 4,22 de peróxido de hierro.

En Brest se hicieron esperimentos con ladrillos compuestos de 100 partes de cal comun cáustica, 42 de cemento de Bassy y casi el mismo volúmun de arena, que de ganga. A los veinte y dos ó veinte y tres meses de sumergidos en agua de mar dieron por término medio 2,17 kilógramos para su fuerza de cohesion por centímetro cuadrado.

En Tolon, con 100 kilógramos de cal comun, 81 kilógramos de cemento y un volúmen de arena igual al de la ganga, se hicieron mezclas que, á los veinte y tres meses de inmersion, habiendo estado espuestas antes uno y dos meses al aire, dieron de 3,86 kilógramos á 4,85 kilógramos para su fuerza de cohesion. Todos los ensayos estaban perfectamente conservados.

Los esperimentos anteriores tuvieron principalmente por objeto el examinar los efectos del cemento aireado ó pasado, mezclado con cales comunes, cuya mezcla á los tres años se habia descompuesto por la accion de las sales contenidas en el mar; sin embargo, creemos deben citarse como prueba del grado de cohesion que pueden oponer los morteros á las causas físicas que actúan en ellos.

Pasley hizo esperimentos para ver la fuerza de cohesion de un cemento artificial, compuesto de marga y arcilla azul, en la proporcion de una parte en peso de la primera y uno y medio de la segunda: colocó ladrillos unidos de plano con este cemento, llegando á formar una bóveda adintelada de 31 ladrillos, sostenido en el muro por un solo lado.

Resistencia á la compresion.

La resistencia de los morteros á la compresion es la siguiente:

Autores.	CLASE DE MORTEROS.	Carga de rotura. Kilógramos por centímetros cuadrados.
	MORTERO ORDINARIO.	
Rondelet	Mortero de cal y arena	33
Vicat	Id. de cal y arena de catorce años	19
	MORTEROS HIDRAULICOS.	
Claudel y Larroque.	Mortero de cemento de Vassy, con mitad de arena, á los quince dias de amasado	153
Rondelet	Puzolana de polvo de ladrillo	48
Id	Puzolana de Italia	37
Id	Enlucido de unas ruinas romanas	76
Id	Enlucido de las ruinas de la Bastilla	55
Vicat	Mortero de cal hidráulica ordinaria	74
Id	Id. de cal eminentemente hidráulica	144

Peso absoluto y peso específico.

El peso del metro cúbico de cal viva al salir del horno, segun Claudel y Larroque, es de.	800 á 857 kilógramos
Id. apagada formando una pasta fuerte......	1.328 á 1.428
La arena seca de mina...	1.399 á 1.428
Id. id. húmeda........................	1.900
Id. id. de rio húmeda....................	1.777 á 1.856
Puzolana artificial........................	1.228 á 1.771
El metro cúbico de cemento de Zumaya (Guipúzcoa), cuyo análisis damos en el *Apéndice*, pesa..............................	1.195
Segun los esperimentos hechos en 1854 por los ingenieros del canal de conduccion de aguas á Madrid, con varios materiales empleados en la obra, el peso específico del cemento de Iraeta (Guipúzcoa), es de......	1,042
El de la cal viva comun en polvo fino........	0,570
El de la puzolana artificial en polvo fino......	1,222
El de la arena..........................	2,570
Algunos autores dan para el peso específico del mortero de cal comun y arena de rio.......	1,65
Id. del mortero de cal comun y arena de mina.	1,59
Id. del de cal comun y puzolana artificial....	1,46

Aparato para ensayar los morteros. Figura 81.

El aparato para ensayar el fraguado de las cales, figura 81, consta de una varilla de hierro terminada en chaflan, cuyas dimensiones están acotadas en la figura. Esta varilla encaja por su cabeza en una roldana de madera, que tiene un manubrio vertical, y sobre ella se pone un peso semi-esférico de plomo de 2,469 kilógramos. La pasta ó mortero que se ha de ensayar se pone debajo, sostenida por el travesero horizontal del bastidor, donde está sostenida la varilla. El peso total de varilla y plomo es de 2,7 kilógramos.

Modo de hacer los esperimentos.

Para hacer los esperimentos sobre la resistencia al desgaste ó rozamiento, se coloca la varilla bien á plomo sobre el trozo de pasta que ha de ensayarse, se prepara por una muesca el sitio donde ha de penetrar la varilla, se hace girar esta por medio de la manija con una rotacion uniforme de una vuelta por segundo próximamente, contando las vueltas hasta que la varilla haya penetrado sobre 0,7 centímetros, manteniendo mojado el agujero para que no se pulimente.

Los esperimentos sobre la dureza adquirida por las cales y morteros pueden verificarse por medio del aserrado, viendo el grado de sequedad del polvo que se produce ; para este objeto se emplean serretas delgadas de acero.

Los que tienen por objeto hallar la resistencia á la compresion,

erifican haciendo un trozo de forma cúbica de dimensiones da-
y cargando pesos por medio del platillo de una balanza, segun
:riben los tratados de mecánica aplicada en los esperimentos
los cuerpos sólidos, y se ve la resistencia que resulta por cen-
etro cuadrado.

Para averiguar la resistencia á la traccion ó fuerza de cohesion,
›one la cal ó mezcla entre dos ladrillos cruzados, se cuelgan pe-
y se ve la que resulta por centímetro cuadrado. Este método
'e igualmente para hallar la *adherencia* que tienen las cales ó
rteros con diferentes cuerpos.

SESTA SECCION.

MORTEROS Y HORMIGONES EMPLEADOS EN OBRAS MARITIMAS.

Al tratar del empleo de los morteros y hormigones sumergidos agua dulce, se ha visto la composicion conveniente de las mezclas ra conseguir su pronto fraguado y endurecimiento; pero no se ha ıtado del caso relativo á la inmersion en las aguas de mar, con el jeto de incluirle en una seccion especial por su gran impor-ıcia. Causas de la descomposicion de los morteros.

Las aguas pueden ejercer sobre los morteros y hormigones una :ion física por la fuerza de las corrientes y de las olas ó re-:as. Esta circunstancia exije que los morteros fraguen en e :nor tiempo posible para que no sea arrastrada la cal y se des-mponga la mezcla, y pueda formarse una capa suficientemente sistente para proteger el resto de la masa. Hay ademas una accion ímica, ejercida por las aguas del mar, para descomponer los ›rteros por efecto de las sales que contienen.

Las diversas opiniones emitidas respecto de la influencia que ıgua del mar podia ejercer sobre las cales y puzolanas, hizo em-endiera Vicat esperiencias de laboratorio para averiguarlo, las cua-se detallan en su *Memoria* de 1846, que trata de las puzolanas de su empleo en el mar. Desde entonces se han verificado otros)erimentos, y se han publicado diversas observaciones sobre los :ctos producidos por dichas aguas en las obras de los puertos. Análisis del agua de mar.

Procuraremos dar cuenta de todo en el órden conveniente, haciendo conocer el estado de esta cuestion.

El agua de mar contiene en disolucion, como base, sosa, potasa, magnesia y cal, y como ácidos, el sulfúrico, hidroclórico y carbónico, pudiéndose constituir estos diversos principios al estado de sales.

Las aguas del Mediterráneo son las únicas de los mares interiores mas saladas que las del Océano. En ellas predomina el sulfato de magnesia; sus efectos sobre los morteros son casi los mismos que las del Océano.

Esperimentos de Vicat con diversas clases de morteros.

De los esperimentos citados anteriormente, dedujo Vicat que los sulfatos é hidrocloratos de magnesia del agua de mar se descomponen por la cal hidratada, diseminada y libre, ó débilmente combinada en el tejido de ciertas mezclas puzolánicas, sumergidas todavía blandas. La primera sal queda disuelta en el baño de inmersion; la última se deposita en la mezcla, y la quiebra ó esfolia al cristalizarse. Sumergidos morteros ó puzolanas en un vaso con agua de mar, se vé que roba la cal de un modo variable en cada caso.

En los morteros formados con 20 partes de puzolana de Italia, y 100 de cal comun, la destruccion se limitaba á la superficie. Las formadas con puzolanas de arcillas refractarias, se quebraban en pequeños fragmentos duros, y otros se deshacian como los esquistos atacados por el hielo. Todos estos fenómenos se verificaban pasado algun tiempo en que habia adquirido la masa cierto grado de cohesion; á veces la deshacian formando lechada.

Los morteros de cal hidráulica y arenas perdian parte de la cal, y por consiguiente su cohesion, siendo mas pronunciada la accion salina cuando la cal era medianamente hidráulica; con las cales comunes la descomposicion era completa.

Las cales eminentemente hidráulicas con 19 á 20 por 100 de arcilla en particular cuando domina la sílice, mezcladas con arena, no eran atacadas, carbonatándose mas pronto la superficie de la masa que en el agua dulce, por tener el agua de mar mas carbonato en disolucion. El endurecimiento continuaba despues sin alterarse.

La circunstancia anterior tiene lugar aun en cales hidráulicas con 15 á 18 por 100 de arcilla, aunque sea mezclada con puzolanas poco enérgicas.

En las cales medianamente hidráulicas depende la accion del agua de mar de la calidad de las puzolanas que se mezclan con ellas.

Se deducia de los esperimentos que eran preferibles los morteros de cales eminentemente hidráulicas para las obras en agua de

mar, en la mayor parte de los casos que no se necesite de una cohesion rápida, como sucede en las esclusas y diques donde el mar no bate con violencia; sin embargo, las pastas puzolánicas enérgicas adquieren su cohesion mas rápidamente, y en varios casos podrán ser preferibles.

A medida que el mortero adquiere mas cohesion al aire, obra menos el agua de mar sobre él, y las esperiencias dieron, que para una misma puzolana, adquiere mas pronto resistencia la pasta cuando se emplea cal medianamente hidráulica, que cuando es cal comun.

Los esperimentos han probado que el mortero ó pasta dejada enjugar antes de la inmersion, adquiere consistencia mas pronto, cuando se emplean puzolanas cuyo grado de coccion no llega al que se ha dado el nombre de *normal*. Empleando arcillas que no contienen carbonato de cal, se produce menor energía y vale mas escederse de este grado; con las arcillas margosas conviene no llegar al grado *supra-normal*.

Sumergidas, amasadas recientemente mezclas de cal comun con puzolanas de arcillas refractarias calcinadas al grado normal, en que la proporcion de alúmina era de 0,37 á 0,40, y las proporciones de 15 á 20 por 100 de cal y el resto de puzolana, no resistieron á la inmersion inmediata; con 10 por 100 de cal era menos sensible la accion salina.

Lo mismo sucedió cuando la arcilla contenia óxido de hierro, con el grado algo menos que el de la coccion normal, y con arcillas ocráceas cocidas al grado normal.

Con puzolanas cocidas al grado normal provenientes de arcillas ocráceas y margosas que contenian 0,19 á 0,24 de alúmina, y las de arcillas despojadas de una parte de su alúmina, mezcladas con 15 á 25 por 100 de puzolana de Italia, resistieron á la inmersion inmediata.

Con las puzolanas cocidas al grado normal que contenian solo 0,04 á 0,07 de alúminas, resultando por consiguiente muy silíceas, en la proporcion de 25 de cal por 100 de puzolana, se destruyó pronto la pasta atenuándose este efecto con la proporcion de 20 por 100 de cal; con la puzolana formada de arcilla ocrácea con poca alúmina, se destruyó la mezcla prontamente cualquiera que fuese la proporcion de cal que se emplease á partir de 10 por 100 de puzolana.

Otros esperimentos de Vicat citados en los *Anales de puentes y calzadas* de 1849, verificados con distintas clases de puzolanas volcánicas, han hecho ver que las pastas compuestas con ellas están su-

jetas á variaciones mayores que las de puzolanas artificiales fabricadas con arcillas puras cocidas al estado normal ó casi puras, pudiendo provenir estas variaciones del estado hidratado en que se encuentran aquellas, ó de la gran cantidad de peróxido de hierro que á veces contienen.

Segun la opinion emitida por el referido Vicat, desde que se emplean los bloques artificiales para la construccion de muelles y otras obras en el mar, los cuales se sumergen despues de enjugados al aire cierto tiempo, han pódido usarse puzolanas que no podian servir para la inmersion inmediata. Cuando los macizos están revestidos con silleria, ejecutados en seco ó en baja marea, opinaba que podian emplearse generalmente todas las pastas puzolánicas que den buenos resultados en agua dulce, con tal que se levante al mismo tiempo el paramento ó revestimiento que ha de estar en contacto con el agua. Aunque fuese permeable el paramento y pudiese humedecerse la cara interior del mortero, se formaria una costra de magnesia que taparia los poros de la piedra, y la preservaria de la accion salina.

Muchas veces un mortero que se ha mantenido bien durante algun tiempo, suele destruirse á los dos ó tres años; así es que los esperimentos suelen ser insuficientes por su corta duracion; solo al cabo de algunos años por repetidos análisis, esperimentos y observaciones, se podrá contar con datos mas seguros sobre el empleo de los morteros hidráulicos.

Lo mismo para la inmersion en agua de mar que para el agua dulce, no se nota ventaja respecto de la cohesion final cuando se emplean pastas formadas con puzolanas de primera calidad, ó buenos morteros de cales hidráulicas y mitad de arena, por lo que en este caso puede ser indiferente la eleccion.

De los ensayos hechos en las obras del puerto de Tolon, se ha deducido tambien para las mezclas de puzolanas de Italia y cales hidráulicas y eminentemente hidráulicas, lo que se indicó relativamente al agua dulce; y es que para producir el máximo de cohesion, hay que mezclar la cal hidráulica en una gran proporcion, con tal que el carbonato de cal tenga al menos un 15 por 100 de arcilla; procediendo cuando la proporcion sea menor, como para las cales comunes.

Observaciones de Feburier.

En los *Anales de puentes y calzadas* de 1852 se insertaron dos informes del ingeniero M. Feburier, relativos á los resultados obtenidos en construcciones verificadas en el puerto de San Malo, por las cuales se confirman algunas de las indicaciones hechas antes respecto de las cales y puzolanas.

El citado ingeniero deduce de los resultados obtenidos en aquel puerto y que detalladamente esplica, que deben proscribirse en las obras en el mar las cales comunes, aunque sean mezcladas con las hidráulicas, á no tener á su disposicion puzolanas muy enérgicas. En el mismo caso se encuentran las cales poco hidráulicas y las hidráulicas artificiales fabricadas de una sola coccion. Las cales medianamente hidráulicas acaban por destruirse á los dos ó tres años, aunque al principio endurezcan, á no ser que se hallen preservadas del contacto del agua de mar por paramentos, cuyas juntas estén bien revestidas con cementos ó mezclas de buena calidad.

Las cales eminentemente hidráulicas, sean naturales ó artificiales, son las únicas segun este ingeniero, que deben emplearse, con tal que las artificiales sean de doble coccion y con gran proporcion de arcilla que las aproxime á los cementos.

Respecto del apagado de la cal, prefiere el método de inmersion porque produce mas igualdad, y puede conservarse esta en sacos al abrigo de la intemperie.

Cuando se emplea el limo margoso del mar para fabricar puzolana, debe escogerse el menos calizo, ó que contenga pocos restos de conchas; y debe lavarse en agua dulce durante cuarenta y ocho horas.

Dice el autor de la *Memoria* que está conforme con los preceptos de Vicat, relativamente á la coccion normal de la puzolana, pues cuando lo está menos de este grado produce malos resultados, y lo mismo sucede cuando está en esceso. Se reconoce que la arcilla está demasiado calcinada en el color blanco que adquiere.

La arena que se mezcla en los morteros debe ser pura y de grano medio; la fina ó pulverulenta y la de mina arcillosa son perjudiciales, habiéndole hecho ver la observacion en las obras la gran influencia que ejercian estas circunstancias en la calidad de los morteros.

En cuanto al modo de mezclar los materiales para fabricar los morteros ú hormigones, encontró que no influia en los resultados, y relativamente á la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia conveniente del mortero, estando bien seca la arena, halló ser de 180 á 200 litros por métro cúbico de arena.

La práctica de cinco años en la fabricacion de morteros ha enseñado constantemente á Feburier que no debe hacerse mas que el necesario para emplearle al poco tiempo, á lo mas á la hora y media, pues si ha empezado á fraguar cuando se emplea, produce malísimos resultados, y si se vuelve á desleir y amasar pierde la energía.

El autor da poca importancia á la influencia del agua de mar

empleada en la fabricacion de morteros, respecto á la velocidad del fraguado y á la resistencia de estos.

La composicion de dos cales hidráulicas artificiales (1) empleada en San Malo, por el procedimiento de doble coccion, es, segun el análisis verificado despues de dicha coccion, el siguiente:

1.ª	Arena inerte	19,83
	Cal cáustica	37,92
	Carbonato de cal	15
	Sílice	17,59
	Alúmina	4,91
	Principios solubles	4,75
2.ª	Arena inerte	19,45
	Cal cáustica	33,83
	Carbonato de cal	20
	Sílice	17,26
	Alúmina	4,81
	Principios solubles	4,65

ó comparando la arcilla con las partes de cal para la primera, 100 de cal cáustica y 59,33 de arcilla combinada y para la segunda 100 y 65,23. Dice Feburier que siempre que se disminuyó la cantidad de arcilla no resistieron los morteros al agua de mar, y cree que es posible tenga esta cal subcarbonatos, en razon al método de fabricacion empleado, que fue el siguiente:

La cal comun apagada por el procedimiento ordinario, se mezclaba con el limo ó fango del mar en grandes tinas, desliyéndola en gran cantidad de agua y removiéndola por medio de una rueda vertical; despues estos materiales se colocaban en grandes depósitos.

La coccion de la mezcla se verificaba en hornos de fuego contínuo de 30 á 40 metros cúbicos de cabida, y terminada esta, se dejaba enfriar algo, se molia despues entre dos cilindros y se mojaba por un chorro de agua á medida que llegaba á los cilindros. Considera indispensable no emplearla antes de pasar al menos quince dias de sacarse del horno. Cree perjudicial emplearla con subcarbonatos, lo cual, como se verá despues, no es perjudicial segun la

(1) *Anales de puentes y calzadas de 1853.*

opinion de Minard. Respecto de estos se ha tratado ya al hablar de la calcinacion, citando los esperimentos de Villeneuve.

Vicat, en una nota inserta en los *Anales de puentes y calzadas* de 1852, hace observar que la conclusion establecida por Feburier de que las cales hidráulicas artificiales, fabricadas de una sola coccion, *no resisten el agua de mar*, es una prescripcion demasiado absoluta. Lo mismo podia alcanzar á las cales hidráulicas artificiales de doble coccion si, por no tener las proporciones convenientes de arcilla, hubiese dado malos resultados; no basta solo para comparar dos cales tener en cuenta sus *índices* de hidraulicidad, ó la relacion entre la cal cáustica y la arcilla en cada una de ellas, sino que ademas debe considerarse la composicion particular de la arcilla.

Crítica de Vicat relativa á las conclusiones admitidas por Feburier.

Hace notar que el cemento de Portland, que tan buenos resultados ha producido en el mar, es un producto artificial de creta y arcilla, sometido á una sola coccion, combinada de modo que para 100 partes de cal cáustica cocida, corresponden de 50 á 51 de arcilla, en la cual la proporcion de la sílice á la alúmina es próximamente de 21 á 7. Esta observacion es importante por la gran diferencia de precio de la cal hidráulica artificial de simple coccion respecto de la de doble coccion, y sobre todo porque es posible que los productos hidráulicos artificiales de composicion constante sean el único recurso en lo sucesivo para las obras marítimas. Vicat dice que es prudente en las investigaciones atenerse estrictamente á la observacion, sin adelantar mas de lo que rigorosamente puede admitirse.

Para hacer notar la necesidad de emprender investigaciones y de no aventurar conclusiones que podrian comprometer las obras, basta citar lo que indica Vicat respecto de las conclusiones que admitió en 1851. En esta época anunciaba como un descubrimiento importante, apoyándose en esperimentos de dos años, que los morteros fabricados con cal comun y una pequeña cantidad de cemento podrian resistir á la accion salina del agua de mar, y en la *Memoria* citada anteriormente dice que estas se descompusieron á los tres años, no siendo admisibles por consiguiente para las construcciones marítimas. Mezclando dos partes al menos de cemento por uno de cal cáustica, empezó adquiriendo una dureza admirable que parecia se sostendria indefinidamente. En el puerto de la Rochela, macizos construidos con morteros de cal medianamente hidráulica y puzolana artificial, que se mantuvieron bien siete años, se descompusieron al cabo de estos arruinándose completamente.

Trasladaremos las indicaciones que hace Vicat en su nota, pues merecen llamar la atencion por ser de un ingeniero tan práctico en esta clase de investigaciones; dice así:

«Se concibe la pérdida de tiempo y la multitud de ensayos que son necesarios en tanta variedad de cales, cementos y puzolanas; sin embargo, es grande la dificultad que hay en llegar á la solucion del problema por via mas corta, si se observa primero que dos sustancias sensiblemente iguales en cantidad y naturaleza de principios constituyentes, apreciados por el solo análisis comun, pueden diferir esencialmente en propiedades. Ningun mortero hidráulico, aunque esté confeccionado con cal de primera calidad, ningun cemento ni combinacion de cal y puzolana, aunque provenga esta de las mejores capas de San Pablo, cerca de Roma, ninguna por su estado, por su naturaleza íntima, puede resistir á la descomposicion de que se trata.

»En presencia de estos hechos, bastantes numerosos, y que son ostensiblemente contrarios á ciertas proposiciones, estas tendrán todo el carácter de paradoxa; no afirmo nada de que no pueda dar inmediatamente la prueba.

»Si la causa destructora es sencilla y bien conocida hoy dia, la preservadora es al contrario, complexa, y hasta que todos los agentes auxiliares sean conocidos y bien definidos, el problema de apreciacion cierta, el valor de un compuesto hidráulico para el agua de mar, independientemente de una larga observacion, quedará sin resolver.»

Concluye Vicat haciendo ver la necesidad de que los ingenieros recojan todos los datos propios para aclarar la cuestion relativa á obras marítimas.

Los cementos que se han clasificado *límite inferior*, dice Vicat, son de gran utilidad en las obras de puertos, pues producen escelentes resultados; suelen emplearse mezclados con arena, lo cual impide la contraccion. Las ventajosas aplicaciones del cemento hemos tenido lugar de observarlas en las obras del puerto y ria de Bilbao y puerto de San Sebastian; efectos que dan estraordinaria importancia á las abundantes canteras que le producen en la provincia de Guipúzcoa.

Los cementos se creyó en algun tiempo podrian utilizarse mezclados con cales grasas en las obras marítimas, y Vicat publicó en 1851 los resultados obtenidos con mezclas de aquellas y cementos aireados, los cuales resistian hacia dos años sumergidos en agua de mar; pero en 1853 se habian destruido, y se vió que estas mezclas no servian para el efecto indicado, ni para *hidraulizar* los morteros comunes del modo conveniente.

Los cementos de Zumaya é Iraeta, en la provincia de Guipúzcoa, cuyo análisis se dará en la séptima seccion, que son los clasificados

por Vicat límite inferior, han producido los mejores resultados. En 1846 los empleamos en las fundaciones del puente de hierro de Bilbao en el sitio de la ria á donde llegan las mareas, sin que hayan tenido deterioro hasta el presente.

El empleo del cemento indicado se ha hecho estensivo á todas las obras marítimas de España; y en el dia se construyen de bloques artificiales formados con él, y piedra pequeña, los muros de sostenimiento del camino de hierro de Cádiz, en la parte de la bahía. Tambien se hacen grandes pedidos para el estranjero.

En las obras de reparacion de los muelles de la ria de Bilbao, se adoptó un mortero compuesto de 0,36 de cemento de Zumaya, 0,36 de arena de grano regular, y 0,28 de cal comun, el cual empleado en 1849 habia resistido perfectamente hasta 1854, época en que insertó un artículo sobre este objeto en la *Revista de obras públicas* el ingeniero D. Félix Uhagon, y continuaba sin deterioro (1).

El cemento artificial de Portland, cuya composicion se indica en la seccion correspondiente, se usa tambien con buen éxito en las obras de puertos.

La cal eminentemente hidráulica de Theil que contiene del 15 al 17 por 100 de arcilla, en la que hay 10 veces mas sílice que alúmina, ha resistido en el puerto de Argel mejor que los morteros de cal grasa y puzolanas naturales de Roma y de Nápoles.

El cemento natural de Grenoble cuya composicion se indica en la seccion séptima que fragua á los cinco minutos, se altera en el mar, y lo mismo sucede con el de Vassy y Boulogne segun espresa Delésse en su obra relativa á los materiales presentados en la esposicion de Paris de 1855.

Cuestiones suscitadas entre varios ingenieros sobre el empleo de los subcarbonatos.

Al tratar de la calcinacion se ha dado cuenta de los esperimentos y deducciones establecidas por Villeneuve, relativos á las propiedades de los subcarbonatos ó calizas que no tienen el grado de calcinacion necesaria; ahora daremos á conocer las cuestiones suscitadas entre algunos ingenieros sobre el empleo de aquellos.

El ingeniero de minas Minard, en una nota inserta en los *Anales de puentes y calzadas* de 1853, cita esperimentos verificados por él, de los cuales resulta que las calizas que contienen solo de 1 á 10 por 100 de arcilla, calcinadas á cierto grado, podian emplearse como cemento. Indica tambien que los subcarbonatos ó piedras poco calcinadas de cales hidráulicas se habian aplicado en construcciones

(1) Aunque parece que hay contradiccion con los esperimentos de Vicat, podrá provenir el resistir bien á que se hayan empleado las mezclas en seco, y haya actuado el agua salada despues de fraguar.

del canal de Bourgogne por Lacordaire, y recientemente siguiendo el sistema de Villeneuve en los hormigones empleados en el puerto de Casís en 1840, sumergidos estos inmediatamente despues de mezclar los subcarbonatos recien triturados. Tambien se han puesto bloques de ensayo en Jossiete, que están desde 1845, y algun otro punto; y por último cita el ejemplo del puerto de Tolon, para el cual se contrató gran cantidad de cal, incluyendo los fragmentos mal cocidos pulverizados, en vista de la confianza que inspiraban los esperimentos hechos con ellos. Creia Minard abria vasto campo en las obras el uso de los subcarbonatos, sin embargo de estar sujeto, como todos los compuestos, á variaciones provenientes de la buena ó mala fabricacion.

Las consecuencias deducidas por Minard, relativamente á los subcarbonatos, hizo tomase parte en esta cuestion Vicat en una nota inserta en los *Anales* de 1854. Hace observar que los morteros ideados por Villeneuve, compuestos con dichos subcarbonatos, no producen los resultados que se obtienen de las cales eminentemente hidráulicas naturales ó artificiales, como lo prueban análisis verificados con muestras remitidas por el mismo Villeneuve. El éxito en las aguas de mar ha consistido en que el hormigon fabricado con ellos se hallaba resguardado del fuerte oleaje.

Ensayados varios trozos de estos morteros, hacian efervescencia con los ácidos, y metidos en agua del Mediterráneo, renovada á medida que se producia lechada, al cabo de veinte y siete dias se deshicieron, y lo mismo sucedió con otro trozo sumergido en agua de mar artificial. Si estos subcarbonatos se hubieran empleado en paraje espuesto á las fuertes olas, sin estar protegidos por la vejetacion submarina ú otra causa, dice Vicat, que es de presumir se hubieran destruido pronto; así el generalizar hechos aislados es muy espuesto.

El ejemplo del puerto de Tolon, citado por Minard, en el cual se habia contratado la cal, admitiendo los *subcarbonatos* pulverizados, hizo que el director de las obras, M. Noel, rectificase, en una nota inserta en los *Anales* de 1854, diciendo que no eran precisamente partes de cal imperfectamente cocidas, pues no llegaban estas á un 10 por 100, y las cuales se volvian al horno, sino *hueso*, compuesto de partes que no podian apagarse, y que serian probablemente fragmentos de *cementos* ó detritus vitrificados ó de brasas del carbon.

Empleo de la puzolana artificial.

Con motivo de las dudas suscitadas sobre la eficacia de la puzolana natural de Italia para las construcciones en el mar, cita Noel los ejemplos del puerto de Civita-Vechia, construido en tiempo de Trajano, cuyos restos se conservan todavía, los muelles

de Tolon, cuya descripcion hace Belidor, perfectamente conservados al cabo de cien años, y otros análogos construidos con puzolana de Roma y cal comun.

Examinada por medio del análisis químico la composicion exacta de las cales hidráulicas y cementos que resisten bien á la accion del agua de mar, y de aquellos que no resisten, se propusieron Malaguti y Durocher aclarar hasta cierto punto esta cuestion. Los trabajos que verificaron con este objeto fueron presentados á la Academia de Ciencias de Paris en 1854, en cuyas *Memorias* se insertaron, y tambien en la *Crónica de los Anales* del mismo año. Dicen estos que por las investigaciones de Vicat se sabe que el agua de mar obra por su tendencia á disolver la cal de los morteros, la cual es reemplazada por la magnesia; pero hasta el presente no se han indicado los medios eficaces para impedir ó neutralizar esta influencia disolvente; solo se sabe que, en general, los morteros hidráulicos mas enérgicos, los cementos ó pastas puzolánicas que fraguan mas rápidamente, parece que son los que mejor resisten á las descomposiciones: sin embargo, aun á velocidad de fraguado igual y energía casi igual, los hay que poseen resistencias diferentes, sin que se pueda, *á priori* ni por un análisis ó ensayo rápido, reconocer aquellos en que puedan emplearse con entera confianza.

Investigacion de Malaguti y Durocher sobre la influencia del óxido de hierro.

Las investigaciones indicadas tuvieron lugar con 16 fragmentos de cales hidráulicas y cementos, siendo los resultados obtenidos de los esperimentos cuyos detalles consignan en su *Memoria* los siguientes:

Primero. La descomposicion de las cales, cementos y morteros por el agua de mar no se efectúa constantemente del mismo modo; no siempre tiene lugar la sustitucion de la magnesia á la cal, y como está acompañada de adicion de ácido carbónico el mortero alterado, presenta la reunion de un *hidrosilicato aluminoso* y de un *carbonato* que se aproxima á la *dolomía*; pero hay casos en que desaparece la cal sin introducirse magnesia, y el fenómeno parece entonces efectuarse como en el agua que no fuese salada, pero que estuviese cargada de ácido carbónico. Además, en la alteracion de los morteros medianamente hidráulicos se efectúa una division de los elementos en dos partes, una rica en carbonato terroso, la otra rica en alúmina, que forman en la superficie del mortero un depósito, el cual arrastran las olas. Esta division no se produce ó al menos tiene lugar lentamente en los morteros muy duros y que fraguan pronto; la alteracion que manifiestan consiste solo en agrietarse la masa, y desaparecer una pequeña cantidad de cal, la cual es ó no reempla-

zada por la magnesia. En ambos casos tiende á producirse una disminucion de volúmen, de lo cual resultan las hendiduras de la masa.

Segundo. Los cementos mas resistentes á la accion del agua de mar que se ensayaron (1), dieron un resultado que llamó su atencion y fue el contener mucho óxido de hierro y el mas resistente (el de Parker) era el que contenia mayor cantidad de él, próximamente 14 por 100.

Para investigar si el óxido de hierro podia contribuir á que resistiesen estos cementos en el agua del mar, era necesario averiguar, primero, si dicho óxido se comportaba como una materia inerte viendo hasta qué punto es susceptible de formar combinaciones con la cal por la vía húmeda. Con este objeto hicieron varias mezclas de sílice, cal, alúmina y óxido de hierro, y se observó la *no inercia* del óxido de hierro en los materiales hidráulicos, concluyendo de estos esperimentos que su presencia puede contribuir para dar estabilidad á los morteros y cementos sumergidos en el agua del mar. Falta averiguar si los cementos ó cales hidráulicas artificiales formadas por la cal y arcillas ferruginosas ó mezclas de arcillas y de hidróxido de hierro, ó bien de arcilla y sustancias que puedan formar óxido de hierro, serán inatacables por el agua de mar; para esto se necesitan observaciones de mucho tiempo; sin embargo de las investigaciones anteriores parece quedar demostrado:

Primero. Que los cementos reputados como mas resistentes á la accion destructora del agua del mar contienen siempre notables cantidades de óxido de hierro.

Segundo. Que ciertas combinaciones de sílice, alúmina y cal dan, á igualdad de las demas circunstancias, reacciones muy distintas, segun contengan ó no mucho óxido de hierro.

Crítica de Vicat relativa á las investigaciones de Malaguti y Durocher.

Vicat no está de acuerdo con las investigaciones anteriores, segun indica en unas notas presentadas á la Academia de Ciencias. En oposicion á lo indicado por Malaguti y Durocher sobre la eficacia del peróxido de hierro para dar resistencia á los compuestos hidráulicos destinados á las obras en aguas de mar, establece los ejemplos siguientes:

Cementos indestructibles en el agua del mar.—Uno inglés, *empleado* en el puerto de Cherbourg, con 12,05 de peróxido de hierro,

(1) Los de Poully y Vassy y el cemento inglés Parker, que tambien se han empleado en algunas obras en España; pero el de Vassy segun se vé al tratar de los cementos, no resiste bien.

y el de Cahors, ensayado durante siete años en el laboratorio con 5,5 del peróxido, ambos absolutamente del mismo valor para el agua del mar.

Cementos ligeramente atacables.—El de Pouilly, con 5,10 por 100; el de Vassy, cor 7,35; el de Portland, con 5,30, todos los cuales se agrietan en las aristas al cabo de algunos meses de inmersion.

Cementos eminentemente destructibles.—El de Gaetary, en los bajos Pirineos, con 5,90 por 100 de peróxido de hierro, el cual se destruye al cabo de algunos dias de inmersion.

Puzolanas volcánicas.—La de Roma, que resiste bien en el mar, mezclada con cal grasa, contiene 12 por 100 de peróxido de hierro. La de Nápoles, *insuficiente*, con 16,30 por 100. La de Borbon, peor todavía, con 35 por 100, término medio. Todas las puzolanas de los volcanes de *Vivarais*, detestables, con término medio 20 por 100.

Puzolanas artificiales.—Todas las fabricadas con arcillas blancas que, convenientemente empleadas, resisten al agua del mar, las hay que no contienen hierro; las mas recargadas solo tienen 1,20 á 2 por 100.

Cales hidráulicas.—La famosa cal de Ardeche, conocida con el nombre de cal *Theil*, la sola que hasta el dia ha podido dar auténticamente con arena sola morteros indestructibles en el agua de mar, contiene cantidades insignificantes de peróxido de hierro y á veces nada.

Escelentes cales para el agua dulce que contienen hasta 9 por 100 han dado, mezcladas con arena, morteros que se destruyen.

En vista de estos hechos de que garantiza la exactitud, dice Vicat que es difícil atribuir utilidad al peróxido de hierro, ó al menos el generalizar esta utilidad fundándose en algunos casos escepcionales que podrán esplicarse por otras consideraciones; siente Vicat no se haya tenido presente lo que dijo sobre la perjudicial influencia del peróxido de hierro en los compuestos hidráulicos, tanto en su obra de 1846 sobre las puzolanas artificiales, como en un artículo especial sobre este objeto, que ya hemos citado, inserto en los *Anales de puentes y calzadas* de 1850. Los mejores compuestos hidráulicos son, sin escepcion, atacables por el agua de mar cuando se sumergen frescos y para apreciarlos convenientemente, es necesario que hayan adquirido bajo ciertas condiciones una cohesion mas ó menos avanzada.

Ratificaciones de Malaguti y Durocher.

En vista de la nota anterior Malaguti y Durocher han ratificado su opinion anterior apoyándose en los siguientes hechos: que Vicat ha considerado el óxido de hierro como una sustancia inerte del

mismo modo que á la arena, segun lo indica en su *Memoria* de 1846, desconociendo así el papel que juega dicho óxido. En efecto, segun los análisis que ellos han verificado, demuestran que el óxido de hierro en ciertas circunstancias hace parte de la combinacion de los elementos que constituyen los compuestos hidráulicos: así es que puzolanas artificiales que contenian óxido de hierro, tenian éxito diferente que aquellas que no la contenian; en efecto, sumergidas en una disolucion de cal, precipitaba mayor cantidad de esta base, y dan lugar á fenómenos particulares que demuestran el papel que juega químicamente aquel óxido.

Pero si este cuerpo puede comunicar á los compuestos en que entra propiedades especiales, no se ha querido decir por esto que su accion dependiese solo de la cantidad de dicho óxido y no de su estado molecular.

Las sustancias que cita Vicat, cuya resistencia no está en relacion con las cantidades de óxido de hierro que contienen, proviene de que las materias no son todas comparables, y que el óxido de hierro que contienen no está en totalidad en el mismo estado molecular, lo cual es un objeto de investigaciones ulteriores.

Otro de los hechos citados por Vicat, de compuestos hidráulicos que resisten al agua de mar, y sin embargo no contienen óxido de hierro en cantidad notable, no es concluyente, pues para juzgar de un compuesto hidráulico se necesita mucho tiempo. De todos modos creen haber demostrado que la descomposicion de los cementos y morteros hidráulicos por el agua de mar, es mucho mas complexa que lo habia supuesto Vicat, y que los caracteres de esta descomposicion son múltiplos: así las causas susceptibles de dar estabilidad á los compuestos que forman la sílice, la alúmina, la cal, etc. pueden muy bien ser de diversa naturaleza.

Aunque la presencia del óxido de hierro no sea indispensable ni siempre suficiente, cualquiera que sea el estado del óxido, es necesario ademas que la proporcion de la sílice y la alúmina esté comprendida entre ciertos límites; pero el óxido de hierro puede hacer un papel útil como elemento químico en los compuestos hidráulicos de que hace parte. Por último, dicen que la mayor parte de los materiales citados en diversas ocasiones por Vicat, como resistentes á las aguas del mar del mismo modo que los estudiados por ellos, contienen muchas *centésimas* de óxido de hierro.

Resultados obtenidos en el puerto de Argel. Morteros que han tenido mal éxito.

En el puerto de Argel se emprendieron obras considerables despues de conquistado por los franceses, empleando algunas mezclas cuya destruccion ó deterioro pasado algunos años hicieron ver la ineficacia de ciertos materiales que antes se tenian por convenientes.

e la memoria relativa á estas obras, escrita por uno de los ingeeros de aquel puerto M. Ravier, inserta en los *Anales de puentes y lzadas* de 1854, estractaremos algunos resultados de mucho intes, refiriendo para mayores detalles al citado artículo.

Las mezclas formadas de puzolanas naturales de Italia que se nsideran como muy enérgicas, mezcladas con cal grasa, han tenido ıl éxito empleadas en las obras del puerto; no pueden resistir á la cion salina de las aguas. Se debe en gran parte la conservacion de ıchas obras de este, á la capa preservadora formada por las secreınes minerales de los animales marítimos.

Algunas cales hidráulicas mezcladas con arena se han destruido nbien, y se ha observado que la desegregacion de los morteros incide con la mayor cantidad de sulfato de cal que contienen, biendo por consiguiente atribuirse á esta sal, formada por la cion sobre la cal del sulfato de magnesia que se encuentra en el ıa de mar. Se ha observado tambien que la forma de los trozos ó ıques sumergidos, ejerce una influencia notable en los efectos oducidos por el agua de mar. Las aristas vivas, las curvaturas de queño rádio se destruyen mas pronto que las superficies planas; as, al contrario, protegen la cohesion de los morteros, y puen preservarlas durante muchos años.

Los resultados espuestos están de acuerdo con las observaciones sperimentos hechos por Vicat, presentadas á la Academia de Ciens de Paris en 1854 y 55, de las cuales deduce que el agua de mar ıtruiria todos los cementos, todos los morteros y todas las gangas zolánicas posibles si penetrase, en el tejido de las masas sumergi-, y la causa de impedirlo consiste principalmente en un *enlucido ıerficial de cal carbonatada* que se forma, sea anterior ó postermente á su inmersion, y aumenta su espesor con el tiempo. nbien favorece en ciertas circuntancias el efecto de una especie cementacion producida por introducirse cierta cantidad de *magia* en el tejido superficial, en donde pasa al estado de carbonato, l de las incrustaciones y vejetaciones submarinas; pero no todos os enlucidos se mantienen con la misma persistencia, lo cual deıde tanto de la constitucion química y de la cohesion de los silios, como de la situacion submarina relativamente á los golpes de r, y de aquí las diferencias observadas en la duracion de los horgones, cuya ganga está formada de silicatos. Observaciones de Vicat y ensayos relativos á la accion de la magnesia.

Los efectos producidos en las obras de los puertos, al mismo npo que la anomalía de que compuestos idénticos resistian en ıs y en otros no, hizo que el referido Vicat, reuniendo heıs y observaciones de varios ingenieros, investigando y exami-

nando los medios mas acertados de proceder á los ensayos en el laboratario, presentase en 1854 á la Sociedad de Fomento de la industria francesa una *Memoria* referente á este objeto.

De estas observaciones y análisis ha deducido hay tres clases de compuestos hidráulicos relativamente á la accion salina: 1.ª, los que resisten á causa de un cambio de constitucion química total ó limitada en profundidad, que efectúa el mar instantáneamente, y que no tienen necesidad, por consiguiente, de ningun enlucido ó capa preservadora: 2.ª los que no resisten si no están preservados por este enlucido ó capa. 3.ª, aquellos en los cuales no puede sostenerse dicho enlucido, y que se destruyen á causa de las transformaciones químicas que el mar tiende á introducir en ellos.

Los primeros pueden reconocerse por esperiencias de laboratorio; los otros dos solo pueden clasificarse por dichos ensayos; pero no pueden estos dar idea completa por faltar en el agua de mar, natural ó artificial que se usa en estos, la especie de vitalidad que existe en el mar, que produce las vejetaciones submarinas, y las secreciones de orígen animal que rodean á los cuerpos sumergidos en él.

Las observaciones que han motivado el nuevo modo de ensayar aplicado á todos los compuestos hidráulicos, cuyo valor para las obras marítimas se quiera conocer, han sido en resúmen las siguientes:

Todos los compuestos en que la cal no entre sino lentamente en combinacion con los principios que la neutralizan, sumergidos en el mar recien confeccionados, son atacados á mas ó menos profundidad. En el laboratorio la inmersion inmediata de trozos de pequeño volúmen, solo puede dar á conocer que son destructibles indistintamente todos los silicatos que fraguan lentamente.

Pero sumergidos mucho tiempo despues de compuestos, el ácido carbónico hace se forme una costra, impermeable á veces, y en este caso nada puede dar á conocer el ensayo: se deduce que los silicatos que haya que ensayar, deben haberse guardado en vasos bien cerrados. Siete años de esperimentos han probado que una disolucion de sulfato de magnesia muy dilatada, 4 ó 5 gramas de cal anhidra, ó sea sin el agua de cristalizacion, en 1000 gramàs de agua pura produce el mismo efecto en los fragmentos de ensayo sumergidos en ella, que el agua de mar.

Tanto en la *Memoria* indicada, en que presenta Vicat todos los detalles de las observaciones, como en el resúmen de esta, què estracta en su *Memoria, Tratado práctico y teórico de la composicion de los morteros, cementos y gangas de puzolanas, etc.*, publicado en

1856, esplica la marcha que hay que seguir para la aplicacion del nuevo sistema de verificar los ensayos.

Del gran número de morteros, cementos y pastas de puzoalnas sometidos por Vicat á estas pruebas, aquellos en que las cales naturales contenian de 0,30 á 0,44, y cinco ó seis veces mas sílice que alúmina, son los únicos que resistieron. Muy pocos cementos conservaron intactas sus aristas hasta el décimo mes; sin embargo, en el mar este tiempo seria quizás suficiente para que cubriéndose de vejetacion y depósitos animales, se preservasen convenientemente. Entre las puzolanas naturales, la de Roma, de primera calidad, pudo formar, con la cal grasa, por una mezcla esmerada, pastas indestructibles.

Todas las puzolanas artificiales provenientes de arcillas blancas refractarias, puras ó casi puras, y algunas ocráceas calcinadas moderadamente, con 15 por 100 de cal grasa, pesada viva y apagada formando pasta, produjeron silicatos perfectos para el agua de mar, y presentaban el fenómeno de sustitucion que, sin perjudicar la resistencia continua de la pasta sumergida, poco á poco la cal es reemplazada por la magnesia.

No cree Vicat que deba renunciarse por esto al empleo de compuestos que en los ensayos se han considerado como destructibles, y al cabo de muchos años se ha visto han producido buenos resultados en el mar, pero deben emplearse en las mismas circunstancias.

Los ensayos han dado igualmente que las puzolanas artificiales producidas por la coccion normal de las arcillas puras refractarias, de las arcillas kaolinas y algunas rocas anfibólicas descompuestas, con 15 ó 20 por 100 de magnesia, han probado muy bien, y á los cuatro ó cinco meses de inmersion han llegado á adquirir resistencias de 5 á 10 kilógramos por centímetro cuadrado. El fraguado en el agua de mar de algunas mezclas de esta clase, se ha verificado en ciertos casos mas pronto que el de las correspondientes á cales grasas. Ademas de que su duracion en el mar seria independiente de las incrustaciones submarinas y de las transformaciones por sustitucion de principios, tendrian la ventaja sobre las que resisten por estas circunstancias de poder emplearse frescas y sumergidas en estado pastoso á cualquiera profundidad del mar.

En vista de este resultado podia sustituirse la cal por la magnesia, empleando en la fabricacion silicatos que no contuviesen cal, ó estuviese esta en tal estado de combinacion que no pudiese desalojarla el agua de mar. La dificultad está en procurarse magnesia barata, pues no se encuentra nunca abundante, á no ser en las colo-

nias inglesas de la India. El químico M. Batard cree podria estraerse en gran cantidad y económicamente de las lagunas de aguas saladas, verificando dicha estraccion por la via seca ó la húmeda. Respecto de los silicatos exentos de cal, podrian fabricarse con preferencia con arcilla blanca. Las puzolanas volcánicas no sirven para este efecto, pues contienen mucha cal.

Algunos esperimentos verificados para ver la influencia de la magnesia, han dado que mezclando puzolana artificial con 15 á 20 por 100 de magnesia cáustica, formando esta una lechada clara para su mejor disolucion, fraguaba á los cuatro dias en el agua dulce ó en la de mar, y su resistencia era al cabo de tres meses de 6 kilógramos por centímetro cuadrado.

Recientemente se ha sacado en Francia un privilegio para la combinacion de la magnesia en los morteros que se emplean en agua de mar, con el objeto de constituir de antemano los efectos que se producen despues de sumergidos aquellos.

Opinion de Minard.

M. Minard en 1853 publicó en los *Anales de puentes y calzadas* un artículo en el cual se lamentaba de estar el problema de los morteros sumergidos en el mar, tan atrasado como hacia treinta años, y decia que lo que debiera hacerse era imitar los procedimientos de los antiguos en obras que se han conservado muchos años, empleando puzolanas naturales y enérgicas de Italia con cales hidráulicas; opinaba que no debian compararse las obras hechas en el Mediterráneo con las del Oceano, porque á pesar de la intertidumbre de los análisis debia creerse tenian distinta composicion. Ademas siendo la temperatura media del primero 4.° ó 6.° mayor que el segundo en las costas de Francia, esta circunstancia era favorable para el endurecimiento de los morteros, y tambien podia influir la mayor rapidez de las corrientes del Oceano. Refiriéndose á las observaciones de Ravier, manifestaba este mismo ingeniero en los *Anales* de 1856 que podian considerarse zoológicas y botánicas á la vez que químicas, las causas preservadoras de los morteros en el mar. En los morteros sumergidos envueltos con telas para preservarlos, esta misma precaucion podia ser causa de que no pudiese formarse la capa preservadora de animales marítimos.

Este ingeniero con motivo de las observaciones publicadas por Vicat, citadas antes sobre los ensayos de los morteros en el laboratorio, publicó un folleto en el cual citando varios ejemplos, se propone demostrar que no es posible suplir por ensayos de laboratorio los efectos causados en las obras marítimas, y que el *único medio* de verificarlo es el de sumergirlos en el sitio en que han de emplearse, y en circunstancias idénticas.

Las indicaciones de Minard que se han citado relativamente al empleo de las puzolanas de Italia y cales hidráulicas, dió lugar á que Vicat refiriéndose á las obras hechas en varios puntos contradijese esta opinion insistiendo en que no era necesario acudir á estas puzolanas, pues podian obtenerse tan ventajosos ó mejores resultados con ciertas cales hidráulicas artificiales muy enérgicas, como sucede con el cemento de Portland.

Contestacion de Vicat relativa á la opiniones de Minard.

La sociedad de Fomento de la industria francesa publicó en 1853 el programa para la adjudicacion de tres premios, dos de ellos de á 2,000 francos para la mejor *Memoria* que se presentase en 1855 sobre el *medio de conocer por esperimentos de fácil y pronta ejecucion los materiales hidráulicos que resistiesen á la accion del agua de mar*, y otra *sobre el estudio* de los morteros hidráulicos destinados al mismo objeto. El tercer premio, para ser adjudicado en 1865 al que hubiese obtenido los mejores resultados en la fabricacion de morteros destinados á resistir las acciones del agua de mar. Los dos primeros han recaido en M. Vicat por una *Memoria* cuyo título es *Investigaciones sobre la constitucion y propiedades de las cales hidráulicas, cementos y gangas puzolánicas*, para su empleo en el mar.

Premios de la sociedad de Fomento francesa.

Se presentaron otras ocho memorias, pero fue considerada esta como la mejor. De dicha memoria hemos sacado las indicaciones mas interesantes y se insertan en esta seccion.

En 1856 presentaron los ingenieros Rivot y Chatoney á la Academia de Ciencias de Paris una *Memoria* con el título de *Consideraciones generales sobre los materiales hidráulicos empleados en las construcciones en el mar*. Los informantes de esta *Memoria* MM. Chebreul, Poncelet, Dufrenoy y Vaillaut, llamaban la atencion sobre los accidentes ocurridos en algunos puertos, particularmente en el Havre y la Rochelle, los cuales habian alarmado á la administracion, pues aunque los escelentes trabajos de Vicat esclarecian mucho la cuestion, no la *habian resuelto completamente*. Los estudios de siete años de los autores de la *Memoria* creian ser útiles para aclarar algunos puntos.

Estudios de Rivot y Chatoney sobre las cales, cementos y puzolanas de morteros.

La primera parte de la *Memoria* comprende las cales hidráulicas y los cementos naturales ó artificiales, que provienen de la coccion de calizas intimamente mezcladas con gran proporcion de arena cuarzosa ó arcilla. La combinacion se efectúa durante la calcinacion, y despues en presencia del agua se hidratan y se fijan.

La segunda clase comprende las mezclas de puzolana con cales grasas ó hidráulicas y con arena. En estas mezclas el fraguado es debido tambien á la formacion de combinaciones hidratadas de la cal con la sílice y la alúmina de la puzolana; pero estos compuestos

no pueden obtenerse como los precedentes por la via seca, y su produccion casi siempre lenta, no se determina sino en presencia del agua.

En los dos casos para una y otra clase, la *homogeneidad* de los materiales es una condicion indispensable para la estabilidad de las construcciones. Si la arena ó arcilla no están íntimamente mezcladas con la caliza, la cal no obrará sino parcialmente sobre la sílice y la alúmina; por consiguiente, no se prestarán igualmente á las acciones que tienen lugar en los morteros despues de sumergidos, y la desagregacion sería inevitable.

Los autores de la *Memoria* verificaron esperimentos con gran número de calizas arcillosas, cementos, etc. é indican las precauciones indispensables para conocer las calidades de estos, y distinguir su estado de combinacion, concluyendo: que en general no se pueden deducir consecuencias útiles del análisis de una sola muestra, siendo necesario examinar y comparar un gran número de materiales que estén próximamente en las mismas condiciones.

Examinaron los efectos que producen la sílice y alúmina en las calizas hidráulicas, cuando la primera se presenta en arena cuarzosa de grano fino. Si la calcinacion está bien hecha, se determina la combinacion de casi toda la arena con una parte de la cal y la espulsion completa del ácido carbónico. Cuando está mezclada la arcilla con la sílice, las reacciones que determina la calcinacion son variables con la proporcion de arcilla y con la temperatura á que se somete.

Cuando está en esceso la caliza, y el calor de la calcinacion no escede al número de grados necesarios para espulsar el ácido carbónico, la cal se combina separadamente con la sílice y la alúmina, y forma silicato y aluminato de cal; pero el *aluminato* es menos estable que el *silicato*, y puede descomponerse lentamente por la accion del agua. En el mismo caso, si la calcinacion se hace á una temperatura muy elevada, el producto es heterogéneo; á veces si la caliza contiene óxido de hierro, hay partes enteramente vitrificadas.

Cuando la arcilla está en esceso, la coccion moderada produce solo silicato de cal. La alúmina, separada por la cal de su combinacion con la sílice, permanece en gran parte inerte. El fraguado es debido á la hidratacion del silicato. La coccion en este caso á una alta temperatura determina la combinacion parcial de la alúmina.

La produccion del silicato y aluminato de cales hidratadas, es tambien la que determina el fraguado de los morteros de cal grasa con puzolanas naturales ó artificiales. Estos compuestos se forman sucesiva y lentamente por la accion de la cal sobre el silicato mas ó

menos complexo que constituye la puzolana, y es de temer que esta accion no se termine en el momento de solidificarse, lo que podria dar lugar en ciertos casos á movimientos moleculares perjudiciales. Se puede evitar esta causa de descomposion, haciendo *digerir* (1), durante algun tiempo antes de la inmersion, la mezcla de la puzolana con la cal hidratada.

En general, las cales hidráulicas son menos convenientes que las grasas, segun los autores de la *Memoria*, para la preparacion de morteros de puzolana, porque no pueden atacar la sílice y la alúmina de esta sino por el esceso de cal que contienen, y sobre todo porque no permiten sino difícilmente obtener la hidratacion simultánea de las diversas combinaciones de la cal con la sílice y la alúmina, producidas la una por la vía seca en la coccion de la caliza, y las otras por la húmeda, despues de la confeccion del mortero.

Respecto de la *magnesia*, esta tierra, que se encuentra en pequeña proporcion en las calizas, dicen juega un papel análago á la cal con la sílice y la alúmina, es decir, que forma con ella compuestos susceptibles de hidratarse y resistir á las acciones del mar, mejor aun que los de cal; por lo que seria útil el reemplazarla por aquella para fabricar morteros hidráulicos, si no fuese tan escasa. En todo caso hay que proscribir la mezcla de estas bases, es decir, el empleo de las *calizas magnesianas*, atendiendo á que los silicatos y aluminatos formados por la magnesia no se hidratan con tanta facilidad como los formados por la cal, y pueden descomponerse parcialmente, despues de la inmersion, por la cal libre que ha quedado en esceso. Si la mezcla no ha sido largo tiempo *digerida* ó estado preventivamente en presencia de una débil cantidad de agua, estos morteros no presentan ninguna homogeneidad ni estabilidad en el fraguado.

Con mas frecuencia se encuentra el hierro en la composicion de las calizas, y tambien en pequeña cantidad las mas veces al estado de óxido. En este caso, dicen, debe considerarse como *inerte*, pues una pequeña parte que puede combinarse con la cal para formar un compuesto insoluble, es instable y no ejerce influencia sensible en la solidez del mortero.

En las calizas arcillo-bituminosas el hierro se presenta con frecuencia en estado de pirita, diseminado en granos muy finos, y por la calcinacion se determina una cantidad notable de sulfato de cal, que es muy perjudicial en los morteros, y sobre todo en los cementos que fraguan con rapidez. En efecto, el sulfato de cal muy calci-

(1) Dejar en reposo la mezcla.

nado no se combina sino lentamente con el agua; no pasa al estado de yeso sino despues de solidificar el mortero, y cristalizando con aumento de volúmen, hace saltar y desagregarse la masa. Aun cuando la cristalizacion del yeso se efectuase al mismo tiempo que la hidratacion de los compuestos de la cal, de la sílice y de la alúmina, su solubilidad en el agua haria se disolviese gradualmente y aumentase su porosidad. Se debe proscribir de todas las construcciones hidráulicas las calizas que contengan una proporcion notable de sulfato de cal.

Si la arena que se mezcla con las cales hidráulicas no contiene ningun cuerpo con el cual pueda la cal combinarse por via húmeda, no puede obrar sino mecánicamente; pero ejerce ademas una accion química si contiene arcilla ó silex, que hace el papel de puzolana en presencia de la cal que ha quedado libre en las materias hidráulicas. Esta reaccion puede ser, segun los casos, ventajosa ó perjudicial, y es necesario no emplear la arena que contenga arcilla ó silex sino despues de determinar por esperiencia cómo obra. El papel de la arena inerte en los morteros consiste en formar el núcleo de estos, y darles quizá mayor resistencia al aplastamiento, y oponerse á la contraccion. Cuando contienen los morteros mucha arena, son muy porosos y permeables, produciendo su descomposicion, por lo que es un problema muy importante la invencion de un procedimiento que permita emplear poca arena, evitando al mismo tiempo, en cuanto sea posible, la contraccion que acompaña al fraguado.

Es de presumir que á la accion especial de los gases y sales contenidas en el agua del mar puedan atribuirse en gran parte los accidentes de las construcciones marítimas. En algunos puertos se forman depósitos que preservan los morteros, y se debe tratar de realizar estas condiciones preservadoras por una buena composicion química, que se obtiene introduciendo ó dejando un pequeño esceso de cal no combinada con la sílice y la alúmina. Esta cal libre preserva en los dos períodos que, segun los autores de la *Memoria*, obra el agua del mar sobre los materiales hidráulicos, que son el tiempo que precede al fraguado y el posterior á la solidificacion. En el primero, que es mas largo en el mar que en agua dulce por retardarle el cloruro de sodium (es decir, durante que las combinaciones de la cal con la sílice y alúmina se hidratan progresivamente), la cal libre se hidrata tambien y se disuelve parcialmente; pero absorbe por su mayor afinidad química la accion del ácido carbónico, del hidrógeno sulfurado y de las sales de magnesia contenidas en el mar. Este esceso de cal libre debe encontrarse en mayor canti-

dad en el mortero cuando el fraguado es mas lento, y el agua del mar contiene mayor cantidad de ácido carbónico y de hidrógeno sulfurado. En el segundo periodo, en que se produce casi siempre una contraccion, la cal hidratada es en parte espulsada y en parte impelida hácia el interior de las innumerables cavidades del mortero, y la cal libre se transforma en compuestos insolubles por el ácido carbónico, y á veces por el hidrógeno sulfurado, formándose una costra impermeable.

Para que permanezca esta costra durable, es necesario que él esceso de cal sea en cierta proporcion para cada especie en materiales hidráulicos, lo que exige gran número de esperimentos en cada puerto, pues en ellos puede haber variedad, segun la proporcion de ácido carbónico y de hidrógeno sulfurado. A las proporciones variables de este gas atribuyen las dificultades y averías en las construcciones, recomendando no sumergir los materiales, sino preparados de modo que las combinaciones de la cal con la sílice y alúmina estén completamente formadas y sean suceptibles de hidratarse casi al mismo tiempo.

En la segunda parte de la *Memoria* se establece que la homogeneidad de la mezcla íntima de las materias hidráulicas, es condicion indispensable para obtener buenos morteros, y que la silex pulverizada y calcinada con la cal grasa produce una cal hidráulica de escelente calidad. En los ensayos ejecutados en el Havre, despues de sumergida, adquirió una dureza comparable ó superior á la de los cementos de Portland, sumergidos hacia uno ó dos meses; su fraguado se verificó á los tres ó cuatro dias.

La envuelta de carbonato de cal que se forma en la superficie de los morteros, proteje mucho de la accion del agua en el mar.

La *digestion* de las materias hidráulicas, antes de emplearse, bajo la influencia de la humedad, prepara las acciones químicas y contribuye esencialmente al buen éxito de todos los morteros, y es mas ó menos indispensable y debe durar largo tiempo cuando se emplean puzolanas. Este hecho, conocido ya hace tiempo, y suprimido por no hacerse cargo de su importancia, es necesario volver á él y mejorarle. La conservacion del cemento de Portland en almacenes no es mas que una *digestion* bajo la influencia del aire húmedo, medio que han adoptado los fabricantes por la esperiencia. Las conclusiones de la *Memoria* son: 1.ª; que no deben emplearse en el mar sino compuestos de sílice, de alúmina y de cal en la proporcion que dé la esperiencia con morteros análogos: 2.ª; debe contener cal libre, variable con la composicion del agua de mar: 3.ª; no basta la composicion química, sino que es preciso mucha homogeneidad

en la combinacion: 4.ª; no pueden resistir bien los morteros sino están protegidos por una testura compacta y una envuelta de carbonato de cal; la cal libre es necesaria para formar con el ácido carbónico esta capa, y tambien puede reemplazarse por las conchas y yerbas marinas: 5.ª; los procedimientos de fabricacion de los morteros variables para los diversos materiales tienen gran influencia en la resistencia definitiva; deben tener por objeto que las combinaciones químicas se concluyan antes de la fabricacion, y no tengan que hacer mas que hidratarse cuando se empleen, y de hacer que los morteros sean compactos; á esto solo puede llegarse en la mayor parte de los casos, por la digestion de los morteros bajo la influencia de la humedad: 6.ª; pueden remplazarse con ventaja las cales hidráulicas naturales por las fabricadas con silex pulverizada: 7.ª; los cementos han dado hasta aquí buenos resultados en las obras marítimas: 8.ª; no puede hacerse uso de las puzolanas naturales sino con la condicion espresa de que la mezcla con la cal esté sometida antes de emplearse á una larga digestion; la mezcla debe hacerse con preferencia empleando cales grasas, en vez de cales hidráulicas: 9.ª; las puzolanas calizas artificiales producen irregularidad en los morteros, y no deben emplearse en los trabajos marítimos: 10; las acciones destructoras del agua de mar son variables, segun las localidades; así es, debe variarse la composicion de morteros de modo que la cal libre esté en proporcion con el ácido carbónico y el hidrógeno sulfurado contenidos en el agua: 11; la preparacion y fabricacion de morteros para las obras de mar hacen sea el precio elevado; pero puede ceñirse su empleo á los paramentos espuestos al agua. Para resolver las cuestiones espuestas en la *Memoria* son necesarias esperiencias verificadas en diversas localidades.

Ademas de la influencia que puede tener en las construcciones marítimas la clase de materiales que se empleen, consideran los autores de la *Memoria* la relativa á la fabricacion y empleo de los morteros, y en vista de algunos esperimentos verificados, han deducido lo siguiente.

Respecto de la calcinacion y apagado de la cal, creen que la homogeneidad es una de las primeras condiciones que deben procurarse, siendo necesario que todas las partes de la caliza se calcinen igualmente, para que la hidratacion y fraguado sean simultáneos, y que por la calcinacion se espulse todo el ácido carbónico.

Verificándose el apagado de la cal hidráulica por inmersion ó aspersion, en cualquiera de estos casos toda el agua se emplea en hidratar la cal libre y los compuestos de sílice, alúmina y cal, quedan

anhydros. Habiendo probado en la primera parte de la *Memoria* teóricamente, que una *digestion* preliminar de las materias hidráulicas bajo la influencia de la humedád, prepara las acciones quimicas y contribuye eficazmente al buen éxito de los morteros, conviene la conservacion durante cierto tiempo en los almacenes.

Relativamente á los morteros, la proporcion de arena ejerce gran influencia en su consistencia, siendo mas ó menos porosos segun sea la cantidad de aquella. Creen que la proporcion de cal en polvo no debe ser inferior de 0,65 de la arena, midiendo estos materiales sin hacer asiento. La proporcion del agua debe ser sin esceso.

Los hidratos sumergidos despues de secos al aire, se descomponen rápidamente, siendo asi que verificándolo al poco tiempo de fabricada, despues de haber fraguado bajo la influencia de la humedad, se conservan intactos mucho tiempo. El hecho importante sobre que llaman la atencion es que, siempre que se forme una costra de cal carbonatada en los morteros, y que las aguas tranquilas y muy cargadas de ácido carbónico permiten aumente, basta para proteger los morteros tiernos.

Comparando los morteros de cal *silícea* y los de cal *arcillosa* se reconoce segun los autores de la *Memoria*, que si las calizas arcillosas mas abundantes que las silíceas, producen cales mejores para unir los materiales y morteros mas grasos, dan lugar despues del fraguado á reacciones mas complicadas, y son menos estables; por lo que sería conveniente verificar la fabricacion de cales artificiales para las obras marítimas con puzolanas de *cal* y *silex*.

En los cementos naturales que se amasan despues de pulverizados, la arena disminuye la contraccion al fraguar; pero los hace mas porosos. Amasados con agua de mar fraguan menos rápidamente que con agua dulce. Desecados al aire, su resistencia es al principio mayor que si se sumergen; pero pasado algun tiempo viene á ser menor. Si se recubren con un lienzo húmedo los cementos que no se sumergen, se aumenta su resistencia. Si se sumergen despues de haber endurecido al aire, disminuye su resistencia al principio y aumenta despues. Conviene segun ellos emplear los cementos puros en lechada, es decir, con gran esceso de agua, pues su testura viene á ser asi mas compacta, y aconsejan apoyándose en ejemplos, no emplear el cemento artificial sino despues de una larga *digestion* y *con gran esceso* de agua.

Las puzolanas naturales se emplearon por los romanos, y sus obras se conservan bien. Tambien los holandeses las han usado con

éxito; pero todos los ensayos hechos con puzolanas naturales ó artificiales modernamente, dicen han producido malos resultados, que se evitarian si se sometiesen á una larga marceracion antes de emplearlas, como hacian los antiguos. Conviene tambien mezclar la puzolana mas bien con cal grasa que hidráulica, pues en este último caso los compuestos hidráulicos formados por via seca despues de la coccion de la cal, habrán fraguado mucho tiempo antes que los formados por via húmeda, y al verificarlo estos podrá hacer que se desagreguen los morteros. Las arcillas cocidas con que se forman las puzolanas artificiales, suelen contener cal, por lo que existen las mismas causas de destruccion que para los morteros de puzolana natural y cal hidráulica.

Los autores de la *Memoria* dicen que se pueden aplicar la mayor parte de sus observaciones á las construcciones en agua dulce.

Objeciones de Vicat sobre algunos puntos de las deducciones de Rivot y Chatoney.

La *Memoria* anterior dió lugar á que el ingeniero Vicat presentase á la Academia de Ciencias en Diciembre de 1856 algunas observaciones en las que esponia haber encontrado en ella algunas proposiciones contrarias á los hechos prácticos mejor establecidos, y otros antiguos ya, aunque presentados involuntariamente sin duda como hechos nuevos. Uno de los hechos contrarios á la esperiencia es el empleo de un gran esceso de agua para amasar los cementos. Está reconocido que cualquiera que sea la cantidad de cal combinada aun toda ella en un compuesto hidráulico, su afinidad para el ácido carbónico es siempre bastante considerable para desprenderla en parte, y á veces totalmente de la combinacion, sin que la cohesion ó dureza del compuesto sufra en el agua de mar; no se necesita un gran esceso de agua para que el ácido carbónico pueda envolver la cal y hacerla impermeable.

Como proposicion antigua se advierte la de que las cales hidráulicas son menos convenientes que las grasas para preparar morteros de puzolana, pues la habia establecido él hace diez años en su obra sobre las puzolanas. Tambien respecto de la influencia de la magnesia, reclama la prioridad del descubrimiento.

Cree Vicat que á defecto de una solucion general hay soluciones particulares para acudir á las exigencias de las obras maritimas, como lo prueba su *Memoria* premiada por la Sociedad de la Industria nacional.

El medio de obtener cales hidráulicas artificiales propuesto por Chatenoy y Rivot, calcinando *silex* ó *arena fina,* dice Vicat, que *no es medio posible* para fabricacion en grande; pues no se encuentra en la naturaleza cuarzo porfírico en cantidad suficiente.

Los efectos destructores del agua de mar han hecho que algunos se hayan dedicado á buscar compuestos resistentes, dándose varias recetas para ellos. Citaremos los medios propuestos por cumplir nuestro propósito de dar noticia de cuantos esperimentos ó resultados tengamos noticia, pero haciéndolo solo de aquellos que se han ensayado.

Empleo del alquitran estraido de la hulla, propuesto para reemplazar la cal de los morteros sumergidos en el mar.

Un contratista de Oran, M. Bertren, á fines de 1854 ó principios de 55, trató de reemplazar la cal por un betun compuesto del alquitran destilado de la hulla en la fabricacion del gas de alumbrado, usándolo como la cal y formando el hormigon con piedra machacada y arena.

Segun informe del ingeniero del puerto, los bloques de este hormigon se conservaban hacía cinco meses en perfecto estado, y la superficie se recubria de vejetacion y concreciones submarinas como los hormigones comunes. La densidad de estos era de 1,80 á 2, que es con corta diferencia la de los bloques de hormigon comun de 1,90 á 20 compuestos con la misma piedra y arena, y escogidos convenientemente.

El precio de estos hormigones salia algo mas caro que en algunos puertos, y mas barato que el empleado en Argel. El gobierno habia dispuesto se ensayasen en los de Cette y del Havre.

Pueden verse los precios comparativos entre este hormigon y los empleados en varios puertos en los *Nouvelles annales de la construction*, Junio de 1855.

Silicatos de alúmina, de cal y de hierro.

Tambien hácia la misma época propuso M. Berard reemplazar en el puerto de Cherbourg los bloques de 15 á 20 metros cúbicos de mampostería gruesa ó sillarejos y mortero de cemento, cuyo costo es de 75 francos metro, por otros del mismo volúmen compuestos tambien de piedra y un silicato doble de alúmina, de cal y de hierro. Para fabricarlos se envuelve la mampostería con el silicato, echándole fundido en un molde de hierro, en el cual está dicha mampostería.

Hizo ensayos con bloques modelos de 1 á 2 metros cúbicos, empleando las arcillas, los minerales de hierro y cal, habiendo verificado una contrata para suministrar bloques de 15 á 20 metros cúbicos al precio de 70 á 75 francos el metro; está estipulado en las condiciones que serán inalterables por las aguas del mar, duros y sólidos como una piedra natural, de una densidad que podria llegar en algunos casos de 2,50 á 2,60 kilógramos por metro cúbico; es decir, superior á la del granito. Al tratar de la fabricacion del ladrillo se indicará la fabricacion de bloques análogos, propuesta por el mismo.

Ignoramos el éxito que puede haber tenido esta esperiencia en la práctica.

stado de la cuestion.

Para concluir de hacer todas las indicaciones relativas al estado actual de estas cuestiones, diremos que Vicat insiste (*Anales* 1857) en sus apreciaciones sobre las cales y puzolanas rebatidas por Rivot y Chatoney. Tambien Noel confirma sus opiniones anteriores respecto de la bondad de los morteros hechos con puzolanas naturales, y opina que la *digestion* preliminar del mortero es inútil; pero los referidos ingenieros demuestran lo poco que debe fiarse de la resistencia de los morteros de puzolanas, citando una carta del inspector Toctain en que dice que todas las obras de los puertos de Francia, Córcega, Argelia é Italia, que ha visitado, construidos con ellas, están mas ó menos deteriorados.

Minard por su parte con motivo de la *Memoria* de Vicat, premiada por la Sociedad de Fomento que se citó antes, critica nuevamente el que se quiera fiar de los esperimentos de laboratorio.

Resúmen de lo espuesto sobre el empleo de los compuestos hidráulicos en las obras marítimas.

Para poder formar una idea clara de lo espresado en esta seccion, procuraremos resumir los hechos y deducciones espuestas.

Las causas destructoras de los morteros empleados en el mar, son conocidas actualmente. Ademas de los efectos mecánicos y físicos producidos por las corrientes y la accion de las olas, hay efectos químicos ejercidos por las sales que contiene en su composicion el agua de mar, y en particular por la *magnesia*.

Los primeros esperimentos de Vicat le condujeron á considerar los morteros de cales eminentemente hidráulicas, como los mas convenientes para emplearse en obras marítimas; pero sobre estos tenian ventaja bajo el punto de vista del pronto fraguado las pastas compuestas con cales hidráulicas y puzolanas artificiales. Dedujo igualmente que los bloques artificiales permitian emplear puzolanas que antes no podian usarse.

Por las observaciones en el puerto de San Malo, dedujo Feburier que debian proscribirse las cales comunes, á no ser que se empleasen con puzolanas sumamente enérgicas, siendo lo mas conveniente el uso de cales eminentemente hidráulicas de doble coccion; pero estos últimos preceptos los cree Vicat demasiado absolutos. Las cales hidráulicas con puzolanas naturales creen algunos ingenieros ser muy convenientes en vista del efecto producido.

Se ha visto respecto de los cementos, que á pesar de que Vicat habia preconizado como conveniente el empleo de *cementos mezclados* con cal *comun*, á los tres años se habian descompuesto. Los cementos clasificados *límite inferior* son los que empleados *puros* ó

con *alguna* mezcla de arena, parece indudable resisten convenientemente á la accion del agua de mar.

Los ejemplos contradictorios presentados respecto de la influencia del óxido de hierro, hace dudar de su ventajosa influencia, y considerarle como *perjudicial* cuando esceden sus proporciones de cierta cantidad.

Tambien se puede considerar como *dudoso* el efecto producido por los sub-carbonatos.

La sustitucion de la magnesia á la cal en los morteros parece realmente ser un paso que produciria grandes ventajas para procurar la estabilidad y resistencia conveniente en estos; pero en la actualidad hay graves dificultades para poderlo llevar á efecto.

La fabricacion de cales hidráulicas, propuesta como conveniente empleando el silex, no es tampoco fácil. Y por último, la sustitucion del alquitran á la cal es un medio que puede ofrecer dificultades, y hace poco tiempo se ha empezado á esperimentar, del mismo modo que los dobles silicatos de alúmina, de cal y de hierro.

Por nuestra parte solo tendríamos entera confianza en el uso de los cementos que se han indicado como mas ventajosos.

SESTA SECCION.

NOTICIA DE LAS CALES HIDRAULICAS DE ESPAÑA Y DE ALGUNAS QUE SE EMPLEAN DE FRANCIA É INGLATERRA.

Existen en varias provincias de España buenas cales hidráulicas, conocidas algunas por haberse empleado en obras de importancia; pero en general se tienen escasas noticias de todas ellas, por no publicarse, como seria conveniente, los resultados obtenidos.

Daremos á conocer aquellas de que tenemos noticia, bien sea por esperiencia propia ó por los datos que nos han suministrado nuestros compañeros de varias provincias.

Alicante.

No se han encontrado cales hidráulicas en esta provincia, por lo

que, tanto para las obras del puerto como para las del camino de hierro, se han empleado artificiales.

Badajoz.

La provincia de Badajoz es muy abundante en las formaciones calizas; sin embargo de que son pocas las cales hidráulicas que suministran. De diez y seis clases empleadas por el ingeniero de aquella provincia, D. J. Barco, quince de estas no fraguaban en el agua; pero las calizas de Sierra Cavija, á media legua de Mérida, produjeron una cal dotada de propiedades hidráulicas. En efecto, verificada la esperiencia de sumergir en agua una bola formada con cal amasada de esta localidad, aunque se cuarteó, el sedimento endureció á las veinte y cuatro horas. Espuesto otro hidrato á la intemperie, durante veinte y cinco minutos, hasta adquirir alguna consistencia, y sumergida despues al cabo de una hora, presentaba la dureza de jabon duro, y á las veinte y cuatro horas la de marga consistente. Verificados igualmente esperimentos mezclando la cal con arena de rio, se vió que, escediendo las proporciones de la arena de igual volúmen del de la cal, empezaba á decrecer la resistencia.

Empleada esta cal en la construccion de las pilas del puente de Caya, produjo escelentes resultados, fraguando bien los morteros, á pesar de estar cubiertos alternativamente por las aguas del rio al llenarse y agotarse las ataguias. Al pié de fábrica cuesta esta cal dos y medio á tres reales.

Segun la descripcion geológica de los terrenos en que se encuentra la caliza indicada, hecha por el ingeniero de minas Sr. Naranjo, pertenece la formacion á los terrenos llamados silurianos.

Búrgos.

En los límites con la provincia de Palencia, en la jurisdiccion de Rebolledo de la Torre, hay canteras de cales hidráulicas, ó al menos están en contacto con las que se indican al tratar de las de Palencia.

Cáceres.

La formacion de calizas de esta ciudad produce cales que parece poseen alguna hidraulicidad; sin embargo, al apagarse aumentan bastante de volúmen. Empleadas en la construccion de presas, y ve-

rificados algunos ensayos con esta cal, produjo buenos resultados mezclándola con puzolana artificial fabricada con buena arcilla. El precio en la calera es de medio á un real arroba.

Gerona.

En esta provincia, en el término de Figueras y cuenca llamada del Muga, se esplota un cemento que se ha empleado en varias construcciones hidráulicas, y entre otras, en las fundaciones del puente de Isabel II, en Gerona. Su color es ceniciento, hay que pulverizarle para emplearle despues de calcinado, y fragua á pocos minutos de sumergido. Se ha solido mezclar hasta con una mitad de su volúmen de arena, y produjo buenos resultados. El precio á que se vendia este cemento era de 10 rs. quintal.

Granada.

En esta provincia no se han encontrado hasta el dia cales hidráulicas. Analizada en la escuela de caminos una caliza de que habia noticias poseia esta propiedad, solo se halló 2,035 por 100 de sílice y alúmina.

Guadalajara.

En esta provincia existen cales hidráulicas. En la esposicion universal de Paris de 1855 se presentaron como muestras hidráulicas de las calizas de Alcorlo, partido de Atienza, su color gris oscuro, atravesado por venas de cal carbonatada blanca y espática; sin embargo, no conocemos su análisis.

Hay varias localidades de esta provincia en que las calizas presentan caractéres de hidráulicas; sin embargo, los análisis verificados con muestras que recogimos de algunas de esta clase en los desmontes de la nueva carretera á Cuenca, en la proximidad de Guadalajara, dieron un 2 por 100 de sílice y alúmina, 7 de carbonato de magnesia y 1,035 de óxido de hierro.

En la formacion caliza, desde Alcolea del Pinar á Molina, es probable se encuentren calizas hidráulicas.

Guipúzcoa.

En la provincia de Guipúzcoa, en Zumaya, Iraeta y otros puntos existe una formacion caliza que produce el cemento considerado co-

mo de mejor calidad, y que se ha clasificado de *cemento límite inferior* al tratar del de las cales. De las aplicaciones de este cemento se dá noticia en la seccion correspondiente.

De los análisis verificados por el ingeniero de minas belga, M. Collet, el cemento de la proximidad de San Sebastian, color amarillo verdoso, testura compacta, contiene 26,11 por 100 de arcilla, que es el *límite inferior* de Vicat: fragua á pocos momentos de sumergido, endureciendo á los 4 ó 5 minutos.

De los análisis de muestras presentadas en la esposicion de París de calizas de esta provincia, resultó segun el análisis hecho por la comision, que contenian; cal, 38,34; magnesia, solo trazas; sílice y algo de arcilla no atacada, 37,65; alúmina y óxido de hierro, 17,53; sulfato de cal, 3,87. No sabemos el sitio de la cantera á que pertenecia: en dos esperimentos resultó fraguar á los seis minutos de sumergida. En otro en que se sumergió despues de estar á la intemperie diez minutos, endureció poco al principio, adquiriendo despues consistencia.

La comision indicaba ser esta cal buena para las construcciones marítimas; su precio 160 rs. próximamente, metro cúbico; en la actualidad se dá á 8 rs. fanega al pié de fábrica y 9 en el puerto de Zumaya.

A pesar de ir empaquetado en barricas este cemento trasportado al puerto de Cádiz despues de diez y seis dias ó mas de su salida de Guipúzcoa, se advierte mucho retardo en fraguar, comparado al empleado á poco tiempo de su fabricacion.

Huelva.

La cal de Ayamonte se emplea en algunas construcciones hidráulicas y en las obras de las murallas de Cádiz; parece tiene alguna hidraulicidad.

Logroño.

Esta provincia es abundante en escelentes cales hidráulicas y cementos; las noticias que el ingeniero D. B. Espinal nos ha suministrado son las siguientes:

En la falda norte de la sierra de Cameros, y á unas cinco leguas de la divisoria, que lo es entre Duero y Ebro, se hallan varios bancos que producen cal hidráulica, los cuales se descubren en las cuencas de todos los rios que, partiendo de dicha divisoria, van perpendicularmente á ella, y desembocan en el Ebro entre Mon-

talvo y Calahorra, ó sean el Nagerillas, el Iregua, el Leza y el Cidacós.

Las que se encuentran en la cuenca del Nagerillas, junto al pueblo de Anguiano, se esplotan con muy buen éxito y se consumen en el país con bastante frecuencia para los lagos de vinos, estanques y demas obras de agua; la esplota un vizcaino llamado Barnechea, que acostumbrado á hacerlo en Iraeta, la conoce perfectamente y sabe darle el grado de coccion y de molienda conveniente ; para esta segunda operacion se vale de un molino comun de los que se emplean en el país para el trigo. De esta cal se ha empleado en el puente de Logroño sobre el Ebro, y de Torrecilla sobre el Iregua con muy buen éxito, pues no se diferenciaba en nada de la traida de Vitoria para las mismas obras, fraguando á los pocos minutos y adquiriendo desde luego una gran dureza. El precio á que cuesta en Anguiano es á 18 rs. la fanega, el cual se rebajaria mucho en una gran esplotacion, con mejores medios que los hoy empleados.

La de la cuenca del Iregua tambien se ha esplotado en el pueblo de Torrecilla, habiendo dado en un principio resultados muy diversos, pues mientras unas hornadas daban muy buen resultado, otras por el contrario, aunque fraguaban al momento, se descomponian luego. Habiendo hecho algunas investigaciones sobre cuál podria ser la causa de esta diferencia, se vió que no todos los bancos daban el mismo resultado y por lo tanto es necesario saberlos distinguir; los mismos obreros con un poco de práctica conocen perfectamente esta diferencia, y al cargar el horno desechan las piedras que no son de buena calidad. Estas canteras solo se han esplotado para las obras de aquella carretera, habiendo tenido que abrir la caja en la misma caliza hidráulica.

Costaba unos 10 rs. el quintal de cuatro arrobas.

Los bancos se presentan con una inclinacion de unos 20 grados y presentan un color gris oscuro; pero las partes á descubierto que han sido atacadas por la atmósfera, adquieren un color amarillento. Despues de calcinada toma color amarillento; pero la de buena calidad es casi gris.

En las cuencas del Leza y del Cidacós, no se ha hecho prueba ninguna; pero se descubren los bancos con los mismos caractéres esteriores, lo que hace creer sea igual á las demas.

Madrid.

En esta provincia se esplota desde hace algunos años las calizas

de Valdemorillo que producen cales hidráulicas de varios grados y tambien cementos. En la actualidad tienen bastante aplicacion, habiéndose empleado en las obras del canal de conduccion de aguas, en revestimientos de estanques, gasómetros, etc.

Tambien en las obras del canal referido se ha usado mucho la cal del cerro de Cabeza Cana, próximo al pueblo de San Agustin, en la carretera de Irun. Esta cal fragua de los dos á tres dias de estar sumergida.

La de San Martin de la Vega es una cal grasa muy blanca, y aumenta mucho de volúmen; sumergida en el agua, á los quince dias se encontró en el mismo estado sin fraguar.

Málaga.

A pesar de las investigaciones hechas por el ingeniero de esta provincia para encontrar cales hidráulicas, han sido estas infructuosas, siendo mas sensible por la conveniencia que resultaria para las obras del puerto de poderlas obtener á buen precio.

Navarra.

A pesar de que en las formaciones de esta provincia quizás existan calizas hidráulicas, no se han hecho investigaciones sobre este objeto, y en la actualidad se emplea en las obras hidráulicas el cemento de Guipúzcoa.

Oviedo.

En el sitio llamado del Berron á dos leguas de Oviedo, en la proximidad de la carretera de Oviedo á Villaviciosa, se encuentra una caliza que parece producir cal algo hidráulica; sin embargo, no hay noticias ciertas sobre su calidad ni de las demás de esta provincia.

Palencia.

En esta provincia se encuentran formaciones que producen cales muy hidráulicas y que han tenido un empleo muy ventajoso en las obras del ferro-carril del Norte y Santander: las siguientes noticias que nos ha remitido el ingeniero gefe de aquel distrito D. A. Lopez son interesantes por los datos que suministra tanto relativamente á la formacion, como á su fabricacion y aplicaciones.

La piedra empleada en la fabricacion del cemento de Alar proviene de las inmediaciones de dicho punto, en un radio de dos leguas; es una caliza arcillosa, de color azulado; abandonada al aire se deshace y pierde la fuerza.

Se cuece en hornos de fuego contínuo compuestos de una parte de 3 metros de altura, 3 de diámetro inferior y 2 metros en la boca, y otro tronco de cono opuesto por su base al primero, de 2 metros de altura y un metro en el hogar.

Los hornos se cargan por capas sucesivas de piedra machacada, como para las carreteras, y de carbon de piedra ó coke. El espesor de cada capa de piedra es de cerca de 0,^{m}20.

La cantidad de carbon varía segun la calidad, entre la sesta y la décima parte del volúmen de la piedra.

Se conoce que el cemento tiene el grado de coccion conveniente cuando el metro cúbico en polvo pesa de 100 á 105 arrobas.

Despues de cocida la piedra se machaca en menudo, y se muele como el trigo por medio de ruedas horizontales.

Las mezclas se forman de mortero ordinario y de cemento.

El mortero ordinario contiene una parte de cal comun por dos de arena; para las obras constantemente sumergidas, se emplea una mezcla formada de una parte de cemento por dos de mortero ordinario; para las obras fuera de agua se emplea una parte de cemento por 4 de mortero ordinario.

En circunstancias estraordinarias, cuando se ha querido que la mezcla endurezca con mucha rapidez, se ha empleado una parte de cemento por otra de mortero ordinario.

Esta última mezcla tarda en fraguar solo algunos minutos en tiempos secos. Tarda mas en tiempos húmedos ó frios.

Con una parte de cemento por dos de mortero ordinario, la mezcla endurece en el agua en el espacio de un dia; poco mas ó menos, segun la temperatura.

La mezcla de una parte de cemento por cuatro de mortero ordinario, endurece al aire en el mismo tiempo.

Pasados quince dias las mezclas empleadas en el agua adquieren tal consistencia, que no se pueden romper con un pico. Pasado un año, las mezclas tienen la misma firmeza que las piadras calizas del pais.

El metro de piedra cuesta en Alar 100 rs., y en Valladolid, 230 reales. El metro del cemento en polvo cuesta 330 rs. en Valladolid; el trasporte de Valladolid á Madrid es de 400 rs. por metro cúbico.

Las canteras de Pozancos, inmediatas al término de la provincia de Búrgos, se han esplotado desde 1841, y empleado en el canal

de Castilla, obras de molinos, etc. Los ensayos prácticos verificados en la escuela de caminos, indicaron ser una cal eminentemente hidráulica.

Los ensayos verificados en 1842 por los ingenieros encargados de la construccion del puente colgado de Dueñas, con cales de las Antillas, Mavé y Monzon, indicaron ser estas grasas.

Salamanca.

En esta provincia parece que existe una caliza, la cual produce cal que fragua á los tres dias y endurece á los ocho de estar sumergida.

Santander.

En las estensas formaciones calizas de esta provincia deben existir abundantes cales hidráulicas, particularmente en la proximidad de la costa. En la inmediacion de la parte confinante con la provincia de Palencia y Búrgos tambien deben encontrarse, pues en la primera se esplotan canteras de esta clase, en Alar del Rey, y á gran distancia de este punto. En el Congosto se han esplotado canteras inmediatas á Aguilar de Campo; pero no produjeron los resultados que se esperaban, quizás por no haberse ensayado convenientemente.

Los ensayos que verificamos en esta provincia el año de 1844 con las cales de Cobejo, San Lorenzo y Santa Cruz, en el valle de Iguña; del Campo de la Mora, en Pesquera; de Pedroso en Peñacailino; de Barro y la Castañeda y de Cartes produjeron cales grasas.

Segovia.

En 1851 se hicieron ensayos prácticos en la escuela de caminos con ocho muestras remitidas por el ingeniero de esta provincia, habiéndose obtenido los resultados siguientes:

Caliza del Espinar, fraguó á los cinco dias de sumergida.

De la Vega de Matute, cantera de San Roque, fraguó á los siete dias.

Cantera de la casa de la Mora, fraguó á los diez y siete dias.

De Embonia y la Lastra, fraguó á los seis dias.

De Carbonero, cantera de Abuela, del monte del Conde Monti-

jo, y la de los Hornos de la Virgen, ninguna de estas cuatro habia fraguado al cabo de muchos dias, y no se continuó la observacion,

Sevilla.

Hay en Dos Hermanas, á dos leguas de la capital, una cantera de caliza, la cual produce cal que fragua á los cinco dias.

Tambien en Moron hay cal que parece fragua en este tiempo, segun ensayos verificados para las obras del camino de hierro de Sevilla á Jerez.

Soria.

Las formaciones calizas de esta provincia son abundantes; pero no se esplotan hasta ahora canteras que produzcan cales hidráulicas; sin embargo, tenemos noticias que una compañia pensaba verificarlo de alguna que habia hallado de esta clase.

Teruel.

A pesar de que en esta provincia hay probabilidades de que existen calizas que produzcan cales hidráulicas, no se han verificado ensayos que dén á conocerlas.

Toledo.

En esta provincia se esplota la caliza de Arges, á una legua de la capital, que segun esperimentos que verificamos con ella, fraguó á los diez y ocho dias de sumergida. Su color es moreno, y se estrae en depósitos de corta estension, mezclada con cantos de pedernal. Se habia apagado por inmersion.

En las canteras próximas al camino de Aranjuez, se esplotan canteras calizas y se surten de estas varias caleras; se apaga por inmersion; amasada es de consistencia algo fuerte, y sumergida en el agua fraguaba á los diez y ocho dias.

Valencia.

Se esplotan en Manises calizas medianamente hidráulicas, y parece existe un cemento á la inmediacion de la capital, que ha sido esplotado por la Sociedad *La Confianza*. Segun las noticias dadas en la *Revista de Obras públicas*, núm. 18, de 1855, fragua á los pocos

momentos de estar sumergido, y á los cuatro ó cinco minutos adquiere gran dureza. Mezclado con un volúmen igual al suyo de arena, fragua del mismo modo. Tarda algo mas si la proporcion es hasta 1,5 de arena, no fraguando ya cuando la proporcion es de uno de cal por dos de arena.

En la esposicion universal de París de 1855 se presentaron muestras de una caliza arcillosa, magnesiana de Bugarra, color amarillo claro. De los ensayos hechos por la comision francesa encargada de informar sobre dicha esposicion, resultó contenia 42,99 de carbonato de cal, 23,18 de magnesia, 19,57 de cal, 12,26 de alúmina y óxido de hierro: su precio 28 rs. quintal.

Tambien se hicieron ensayos con la cal de Chelva, por una sociedad que creyó encontrar cemento, pero no obtuvo resultados satisfactorios.

El cemento de Novelda fragua con mucha prontitud: puesto en Madrid sale á 28 rs. quintal.

Vizcaya.

La provincia de Vizcaya es una de las mas abundantes en cales hidráulicas, sin embargo de que no se esplotan como era de esperar, lo que es debido sin duda á la facilidad y baratura con que pueden obtenerse los escelentes cementos de Guipúzcoa, que hemos indicado al tratar de aquella provincia.

De esta provincia es una de las que se tienen mas noticias, en razon á los análisis verificados por el ingeniero M. Collet, ya citado, y por los ensayos que tuvimos ocasion de hacer, remitiendo muestras de todo para la Escuela especial del cuerpo. Unos y otros se insertan á continuacion, y sin embargo que se incluyen en nuestros estados algunas calizas que no pertenecen á la clasificacion de hidráulicas, hemos creido util conservarlas.

CUADRO ESTADISTICO

DE VARIAS CALIZAS DE LA PROVINCIA DE VIZCAYA,

POR EL INGENIERO D. P. C. ESPINOSA.

Números de órden.	Jurisdiccion donde se encuentran.	Canteras ó sitios.	PROPIEDADES FISICAS. Testura y dureza.	PROPIEDADES FISICAS. Color.	Resíduo insoluble por 100 de cal.	Clasificacion aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
1	Abando......	Cantera de Basurto................	Dura...........	Gris oscuro..........	3		Se esplota para mampostería. —Atravesada por filones de espato.
2	Abando......	Cantera frente á San Francisco.....	Id....	Id. id................	5		Id. id.
3	Güeñes......	Cantera de Becharte...............	Compacta dura...	Ceniciento..........	5		Se esplota para cal.
4	Id...........	Cantera de ...	»	Gris azulado oscuro..	5		Id. para mampostería y cal.
5	Mendata.....	Cantera de Eremostegui...........	Compacta id	Gris oscuro.........	5		Para cal.
6	Murel·ga....	Cantera de Narea.................	»	Id. id.............	5		Id. id.
7	Güeñes......	Cantera del ...	Compacta id......	Gris azulado oscuro..	4 5		Para mampostería.—En masa.
8	Basauri......	Cantera próxima al pueblo.........	Dura...........	Gris oscuro.........	3 15		Se esplota para cal y sillería.
9	Mallavia.....	Carretera de Durango, antes de Ermua	Compacta id.....	Id. id.........	3 8		En masas.
10	Lemona......	Al lado del pueblo................	Id..............	Id. id..............	3 2		Para construccion y hacer cal.
11	»	Cantera de Larrazabal.............	»	Ceniciento sucio.....	3	Cales grasas.	Se esplota para losa.
12	Berriatua....	Cantera de ...	»	Ceniciento..........	2 9		Puntos brillantes.—Se esplota para cal.
13	Begoña......	Cerca de la Fábrica..............	Muy dura........	Gris oscuro.........	2		
14	Ereño.......	Camino de Lanchove á Guernica....	Compacta id.....	Ceniciento oscuro....	2		Para mampostería.
15	Lequeitio....	Cantera de ...	»	Gris oscuro.........	2		Con puntos brillantes.—Se esplota para cal.
16	Id...........	Idem de ...	Dura...........	Gris pardo..........	2		Id. id.
17	Zalla........	Cantera de Arana.................	Compacta........	Id. id..............	1 8		Para cal.
18	Jemein......	Al lado de la ermita de San Miguel...	Dura...........	Gris oscuro...	1 5		
19	Murelaga....	Cantera de Santa Eufemia..........	»	Id. id.............	1 5		Id.
20	Jemein......	Al lado de la ermita de San Miguel.	Dura...........	Blanco.............	0		Es caliza laminar en filones.

Números de órden.	Jurisdiccion donde se encuentran.	Canteras ó sitios.	PROPIEDADES FISICAS. Testura y dureza.	PROPIEDADES FISICAS. Color.	Residuo insoluble por 100 de cal.	Clasificacion aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
21	Zaldúa......	Monte entre Areitio y Ermua.......	Compacta........	Gris verdoso oscuro..	25 5 de arena arcillosa	Cal arida.	
			CALES HIDRÁULICAS.				
22	Portugalete..	A la orilla del mar................	Compacta.......	Gris claro..........	21	Emin. hidráulica.	En capas muy inclinadas atravesado por filones de espato.
23	Barrica......	Monte de Barrica-baso frente Plencia.	Compacta.......	Pardo............	20	Id............	Capas casi verticales; se esplota como cal hidráulica.
24	Begoña......	Pasado el portazgo del camino de Bermeo............................	Hojosa.........	Gris oscuro.........	19 5	Id............	Capas delgadas.
25	Mallavía.....	Carretera de Marquina bajada la cuesta.........................	Compacta.......	Rojizo............	17 5	Hidráulica......	En bancos; se esplota para mampostería; parece litografi a.
26	Ermua.......	Salida á Eivar á 2,000 pies.........	Compacta.......	Gris oscuro.........	17	Id..............	En capas pizarrosas; se esplota para mampostería y cal.
27	Berango.....	Cantera frente á la casa de Aguirre.	Compacta.......	Gris algo claro......	16	Id.	
28	Ereño.......	Carretera de Elanchove á Guernica...	Semicompacta....	Rojizo............	16	Id............	Conchífera; se esplota como marmol. Variable su análisis por el espato calizo que contiene.
29	Zaldúa......	Monte de Izaga....................	Compacta.......	Gris pardo.........	16	Id.............	En capas pizarrosas.
30	Munguía.....	Monte próximo al pueblo al lado de la carretera de Bilbao.............	»	Rojizo............	15	Id.............	Se esplota para el firme de la carretera.
31	Portugalete..	Quinta de D. Manuel Uhagon........	»	Gris oscuro.........	12 5	Media. hidráulica	
32	Lejona.......	Encinales de Mantulis..............	Compacta dura...	Pardo verdoso.......	12 3	Id.............	Bancos delgados.
33	Zaldua......	Cantera de Yañaga................	Compacta dura...	Rojizo oscuro.......	12	Id.............	Se esplota para mampostería.
34	Mallavía.....	Cantera de Marquina, fin de la cuesta.	Compacta dura...	Ceniciento claro.....	12	Id.............	Se esplota para mampostería; parece litográfica.
35	Güeñes......	Cantera Glazal....................	Compacta dura...	Gris oscuro.........	11 2	Id.............	Puntos brillantes en bancos irregulares para cal.
36	Mendata.....	Cantera de Urrecha...............	»	Rojizo sucio oscuro..	11	Id.............	En bancos delgados; se esplota para cal.

Números de órden.	Jurisdiccion donde se encuentran.	Sitios ó canteras.	PROPIEDADES FISICAS. Testura y dureza.	Color.	Resíduo insoluble por 100 de cal.	Clasificacion aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
37	Güeñes	Cantera de Andarreta	Compacta dura	Gris oscuro	10	Med. hidráulica.	Se esplota para cal.
38	Zaldua	Cantera de Yañaga	»	Gris ceniciento	8 5	Es comun	En capas pizarrosas; se esplota para mampostería.
39	Munguía	Monte próximo al pueblo, camino de Bilbao	Compacta	Ceniciento claro	7 5	Id	Se esplota para el firme de la carretera.
40	Elanchove	Cabo Ogoño	Compacto	Gris pardo	7	Id	Tiene filones de espato.
			CEMENTOS.				
41	Abando Alvía.	En el desmonte del camino del puente de hierro	Compacta tierna	Gris sucio	82 5	Puzolana caliza	En capas pizarrosas, muchas de óxido de hierro.
42	Zaldivar	Entre el alto de Areitio y Ermua en el monte	Tierna compacta	Gris pardo	71	Id	En capas pizarrosas.
43	Verriz	Camino de la carretera á la casa de Arguinzonio	Semicompacta	Pardo oscuro	62	Cem. límite supr.	Id.
44	Rigoitia	Cerca del pueblo camino de Munguía.	Algo tierna	Gris oscuro	61	Id	Se esplota para mampostería.
45	Abadiano	Divisoria del camino de Durango á Ermua	Compacta	Rojizo duro	55 5	Cem. ordinario	En capas delgadas.
46	Luno	Camino de Guernica á Munguía	Hojosa	Pardo	51 5	Id	Id.
47	Echevarría	Cortadura pasado el puente nuevo	Semicompacta	Gris oscuro	50	Id	Id teñido de ácido negro mezclado con arena silícea.
48	Portugalete	Orilla del mar hacia Santurce	Tierna compacta	Gris claro	49	Id	Id. muy inclinadas atravesadas por espato calizo.
49	Zaldivar	En el monte entre Areitio y Ermua	Tierna compacta	Gris verdoso claro	44	Id	Id. pizarrosas.
50	Verriz	Camino á la casa de Laruen	Tierna	Gris claro	40 8	Id	En capas pizarrosas.
51	Zaldivar	Próximo al rio Allondo	Compacta tierna	Verde oscuro	40	Id	
52	Verriz	Cerca de Olacueta	Semicompacta	Gris pardo	38 5	Id	En capas pizarrosas; tienen puntos brillantes.
53	Algorta	A la orilla del mar	Compacta	Gris algo verdoso	37 5	Id	
54	Begoña	En la Salve, paseo de Bilbao	Hojosa	Gris oscuro	34	Id	En capas pizarrosas; tienen puntos brillantes.
55	Verriz	Camino de Durango á Tolosa cerca de Balerreitia	Tierna	Gris claro	33	Id	En bancos delgados.
56	Rigoitia	En el camino de Munguía	Compacta	Gris claro	32	Id	

Números de órden.	Jurisdiccion donde se encuentran.	Sitios ó canteras.	PROPIEDADES FISICAS.		Residuo insoluble por 100 de cal.	Clasificacion aproximada á que pertenecen.	OBSERVACIONES.
			Testura y dureza.	Color.			
57	Begoña......	Bajada desde el camino de Bermeo á la iglesia......................	Hojosa..........	Gris oscuro.........	29 5	Cem. límite infer.	En capas pizarrosas; tienen puntos brillantes.
58	Güeñes......	Cantera de Basoris y Cirivai.........	Semicompacta....	Gris oscuro.........	29	Id.............	Bancos delgados; se esplota solo para losado.
59	Lejona......	Inmediacion de los molinos de San Miguel de Leuros................	Compacta........	Pardo claro verdoso..	28 02	Id.............	En capas delgadas.
60	Barrica......	Monte Barrica-baso frente de Plencia.	Compacta........	Pardo claro.........	27	Id	En bancos delgados.
61	Verriz.......	Cantera de Laruen................	Compacta........	Gris claro..........	26	Id.............	Id. no se esplota mas que para afirmar la carretera.
62	Id..........	Camino de Marquina...............	Compacta.......	Gris claro..........	25	Id.............	Se emplea en el afirmado de la carretera.
63	Id..........	En el monte cerca de la casa de Zavala de Acá........................	Compacta.... ...	Gris...............	25	Id.............	En capas pizarrosas; tienen puntos brillantes.

ANALISIS DE CALIZAS ARCILLOSAS

POR EL INGENIERO DE MINAS MR. COLLET.

Los números de órden corresponden á los que están pegados en las muestras de la coleccion que existe en el museo provincial de Vizcaya.

Números de órden.	Sitios de la estraccion de las muestras.	Color y testura de la piedra.	Cantidad de arcilla sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Cantidad de carbonato ferroso, sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Clasificacion aproximada de la cal que puede producir la muestra.	OBSERVACIONES.
1	San Sebastian (1)	Amarillo verdoso Compacta	26.11	»	Cemento límite inferior.	
2	Algorta, cerca del puerto	Gris claro. Compacta	19.50	»	Eminentemente hidraulica.	
3	Igual depósito que el del número anterior	Verde sucio. Compacta	26.00	»	Cemento límite, inferior	Arcilla roja despues de la calcinacion.
4	Convento de San Agustin (Bilbao.)	Azul oscuro. Compacta muy seca.	53.09	6.14	Cemento, límite, superior.	Arcilla parda y suave despues de la calcinacion.
5	Algorta. Algo al S.	Gris oscuro. Subgranuda	41.81	»	Cemento ordinario.	
6	Entre el Elorrio y Elgueta	Pardo amarillo. Compacta	41.13	»	Id.	
7	Maruelas. (Entre Bilbao y Munguia.)	Rojo sucio. Muy compacta	12.56	3.00	Medianamente hidráulica.	Caliza litográfica.
8	Maruelas.	Gris claro. Muy compacta	6.32	Huella	Poco hidráulica	Id.
9	Igual depósito que el del número anterior	Gris amarillo. Compacta	39.20	3.94	Cemento límite, superior.	Arcilla muy coloreada despues de la calcinacion.
10	Igual depósito que el del número anterior	Gris claro. Compacta	37.20	8.76	Cemento.	
11	Id. id.	Gris claro. Compacta	54.90	4.38	Cemento límite, superior.	
12	Id. id.	Gris claro. Compacta	59.80	2.19	Id.	
13	Id. id.	Rojo de sangre. Compacta	12.56	2.06	Medianamente hidráulica.	

(1) Se ha dejado este cemento á pesar de pertenecer á Guipuzcoa por no interrumpir el número de órden.

Números de órden.	Sitios de la estraccion de las muestras.	Color y testura de la piedra.	Cantidad de arcilla sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Cantidad de carbonato ferroso, sobre 100 partes de la piedra ensayada.	Clasificacion aproximada de la cal que puede producir la muestra.	OBSERVACIONES.
14	Saracho	Gris azul. Compacta	17.60	»	Hidráulica.	
15	Id	Gris oscuro. Compacta	14.80	Huella	Id.	
16	Entre Saracho y Londoño de Abajo.	Gris. Muy compacta	17.60	2.19	Cemento límite, inferior.	
17	Igual depósito que el del número 14	Gris. Subgranuda	29.40	2.92	Cemento límite, inferior	Alterna en bancos pequeños con el número 14.
18	Peña de Orduña	Gris pardo claro. Compacta	15.00	Huella	Hidráulica.	
19	Zornoza	Gris azulado. Compacta	26.50	2.49	Cemento límite, inferior	Abundante.
20	Id	Gris oscuro. Subgranuda	39.70	0.14	Cemento.	
21	Id	Gris oscuro. Subgranuda	53.60	2.92	Id.	

CALES HIDRÁULICAS Y CEMENTOS INGLESES Y FRANCESES.

Solo se incluirán las noticias referentes á ciertas cales ó cementos que han sido importados á España para emplearse en algunas obras hidráulicas.

Cementos ingleses.

El cemento inglés de Portland es artificial, asi es que su descripcion no pertenece á esta parte. Se han dado los suficientes datos relativos á su fabricacion al tratar de las cales hidráulicas artificiales.

Cementos franceses (naturales).

El cemento natural de Vassy que se esplota en Francia desde 1852, se calcina en horno de fuego contínuo empleando la hulla. Fragua á los dos ó tres minutos el que se esplota en los bancos superiores de la cantera, y á los seis minutos el de los inferiores. Elevando la temperatura en la calcinacion fragua á las cuatro ó cinco horas. Al cabo de seis meses la resistencia á la traccion es de 18 kilógramos; este mortero se altera en el agua de mar. El análisis hecho por Vicat, da

Cal	57,85
Magnesia	2,10
Sílice	20,62
Alúmina	13,19
Oxido de hierro	6,24
	100,00

El peso del metro cúbico es de 900 kilógramos al salir del

horno, y de 1,200 ya apretados para su espendicion. Se estraen unos 167,000 quintales métricos anualmente, siendo su importe al pié de fábrica 800,000 francos.

Se altera en el agua de mar.

Cemento de Boulogne.

Este cemento es de color amarillo sucio. Pesa el metro cúbico sin apretar 847 kilógramos. Al amasarse esperimenta una contraccion de 0,28. El análisis da

Cal	49,99
Magnesia	0,69
Oxido de hierro	7,44
Sílice	32,78
Alúmina	9,4

La cal hidráulica del mismo punto contiene:

Cal	56
Magnesia	0,8
Oxido de hierro	5,04
Sílice	25,8
Alúmina	6,6
Agua	7,4

El precio del cemento al pié de fábrica es de 5 francos el quintal métrico; resiste al agua de mar, y se fabrican con él tubos de conduccion de aguas y otros objetos.

El cemento de Grenoble está compuesto de 65,98 de cal, 0,57 magnesia, sílice y un poco de arena; 22,10 de alúmina y óxido de hierro; 5,34 de sulfato de cal; fragua á los cinco minutos. Se altera en el agua de mar.

La cal de Theil que contiene de un 13 á 17 por 100 de sílice, arena cuarzosa y arcilla, resiste bien en el agua de mar, habiéndose empleado en el puerto de Argel con mejor éxito que los morteros de cal grasa con la mejor puzolana de Roma ó de Nápoles.

Uno de los cementos que mas crédito goza en Francia, es el de la Porte de France, cerca de Grenoble, que contiene 24 por 100 de arcilla.

En la obra publicada por M. Delesse que trata de los materiales de construccion presentados en la esposicion de Paris, pueden verse los detalles relativos á la fabricacion y empleo de este y de otras calizas de varias fábricas que no tienen tanta importancia como las anteriores. Del mismo modo puede verse lo relativo á los materiales de otras naciones, que se presentaron en la esposicion referida.

SEGUNDA PARTE.

Del yeso.

PRIMERA SECCION.

El yeso tiene gran aplicacion en los edificios para unir los materiales que estén preservados de la humedad, y enlucir las paredes. Recibe generalmente este nombre cuando está ya preparada la piedra para poderse emplear, y el de *piedra de yeso* antes de verificarse dicha preparacion, segun se estrae de las canteras. Composicion del yeso.

En mineralogia se distingue esta sustancia con el nombre de *cal sulfatada* ó *sulfato de cal*, cuya composicion aproximada es la siguiente:

Acido sulfúrico................................	46
Agua..	22
Cal...	32

Existe tambien otra especie llamada cal *anhydro* sulfatada ó *anhydrita*, que solo está compuesta de cal y ácido sulfúrico, en las proporciones de 42 partes de la primera por 58 de la segunda; es mas dura que la cal sulfatada, pues *raya* á esta, y aun tambien á

la cal carbonatada; pero dicha especie es rara y de poco uso, por lo que solo nos ocuparemos de la primera especie.

Terrenos en que se encuentra. Se encuentra la piedra de yeso mas comunmente en la parte superior de los terrenos llamados secundarios, alternando en capas con la piedra caliza. Tambien existe en los terrenos terciarios, en bolsas ó depósitos, generalmente asociado á las margas. Se estrae en la mayor parte de los casos mezclado con carbonato calizo, lo cual le hace mas propio para formar las argamasas, siempre que no esceda de cierto límite, el cual se gradúa en un 20 por 100.

Variedades. Existen muchas variedades de cal sulfatada; las principales son las siguientes:

Cal sulfatada compacta: se presenta en el terreno en capas ó masas de gran estension; su fractura es mate, á veces contiene pequeñas láminas cristalinas; su color es blanco agrisado ó azulado.

Cal sulfatada sacaroydea: se encuentra tambien en grandes capas ó masas. Su fractura es unida y algo desigual; á veces contiene pequeñas láminas ó cristales. Su color es generalmente blanco, en cuyo caso forma los alabastros yesosos ó alabastritis; tambien suele tener un color agrisado ó amarillento.

Cal sulfatada laminar: recibe los nombres de *selenita, vidrio de maría, hielo de damas*; forma láminas mas ó menos delgadas que pueden separarse por el golpe del martillo; es diáfana, por lo que ha solido emplearse en algunas ocasiones para vidrieras de las habitaciones; es incolora, ó bien presenta un color blanco agrisado, amarillento ó pardo.

Cal sulfatada fibrosa: su fractura es fibrosa, presentando esta brillo sedoso; su color es generalmente blanco ó algo azulado.

Cal sulfatada terrosa: deleznable y no tan blanca como la sacaroydea.

Caractéres. Se reconoce la piedra de yeso en su poca dureza, pues se deja rayar con la uña; con los ácidos no hace efervescencia, á no ser que esté mezclada con carbonato de cal. Su densidad es de 2,31 próximamente; calcinada pierde su agua de cristalizacion, se endurece y blanquea. Despues de cocida, si se echa agua sobre ella, no presenta los caractéres de la piedra caliza, de hendirse con ruido y formar una materia plástica, sino que es necesario reducirla á polvo para poderla amasar.

Cuando el yeso es muy puro, como sucede al laminar al cristalizado y al fibroso, produce, despues de cocido, un material blanco que aumenta mucho de volúmen, pero que adhiere poco á los materiales, por lo que se emplea en este caso solo para moldear.

La piedra de yeso se estrae de las canteras á cielo abierto ó en galerías, segun esté la piedra mas ó menos próxima á la superficie del terreno. En el primer caso se puede hacer, segun las circunstancias que presente, sea desmontando por medio del zapapico ó el de cuñas y barras, y á veces empleando la pólvora, como en las demas clases de roca. Esplotacion de la piedra de yeso.

Cuando es necesario abrir galerías para verificar la estraccion, exige muchas precauciones y es mas costoso; es necesario construir en este caso pilares para sostener el techo, y cuando se presenta una parte en terreno flojo hay que fortificar, lo cual se verifica generalmente formando bóvedas con la misma piedra que se desmonta.

Las primeras capas que se estraen de la cantera no tienen aplicacion generalmente, sino para cubrir los hornos en que se cuece ó quema, y la segunda capa suele suministrar yeso de mala calidad. Siguen comunmente dos ó tres capas que le suministran muy bueno, otras de mediana calidad, y debajo otras que son muy buenas, y por último, una capa de gran grueso que insiste sobre el suelo de la cantera que es de calidad inferior. El último banco ó capa del suelo produce un escelente yeso, pero es de difícil estraccion por su dureza y gran profundidad, y si se desmonta suele producirse aguas abundantes. La eleccion del yeso de la cantera exige cierta práctica, para que mezclado pueda obtenerse un material de calidad uniforme.

Por el análisis químico se obtiene la composicion exacta del yeso. Para esto se pulveriza un fragmento, y el polvo se introduce en un globo de cristal, lleno hasta la mitad de agua destilada, cociéndolo un cuarto de hora en una lámpara de espíritu de vino; la disolucion se filtra y pone en dos vasos, echando en uno de ellos unas gotas de muriato ó nitrato de barita, y en el otro de oxalato de potasa. El ácido sulfúrico que contenga el yeso se precipitará en el vaso primero, y en el segundo la cal. Análisis químico, dos métodos.

Hay otro método, que consiste en echar la piedra de yeso pulverizada en ácido hidroclórico, algo dilatado; produce en él efervescencia, cuando se descompone el carbonato de cal si le contiene. Se hace evaporar hasta quedar seca la disolucion y se trata el resíduo por el alcohol, el cual disuelve el cloruro de cal y el de hierro, que suele, aunque en corta cantidad, contener la piedra de yeso. El sulfato de cal queda aislado sin disolverse en el alcohol, el de hierro se precipita por medio del amoniaco. Despues de esto se filtra el licor, y se añade una disolucion de subcarbonato de sosa, que hace se pricipite al estado de subcarbonato la cal. El preci-

pitado se recoje en un filtro, se pone á secar á una temperatura de 100 grados, y de este modo se obtiene el subcarbonato de cal.

SEGUNDA SECCION.

QUEMADO DE LA PIEDRA DE YESO.

Objeto del quemado.

La operacion que tiene por objeto el hacer perder á la piedra, por medio de la accion del fuego el agua de cristalizacion, preparándola de este modo para que pulverizada pueda amasarse, recibe el nombre de *quemado, coccion ó calcinacion.*

Para quemar la piedra de yeso, pueden emplearse varias clases de hornos. Se distinguen comunmente los hornos *provisionales* y los *permanentes.*

Hornos provisionales; modo de quemar el yeso en ellos.

El método mas sencillo de quemar el yeso consiste en formar una bóveda con piedras grandes en seco, colocando la de yeso encima, de modo que los trozos mas gruesos estén los mas próximos al fuego; se quema el combustible lentamente debajo del bovedado, que forma el hogar con la regularidad posible, durante unas diez horas hasta que empieza la piedra á enrojecer; al cabo de estas se tapan los huecos con piedras y se cubre el monton con polvo de yeso. La coccion sale desigual por este método, pues la piedra de arriba se quema poco y la de abajo mucho; pero la mezcla de todo produce un yeso que agarra muy bien á los materiales con que se emplea. La parte de cal que contiene el yeso se convierte por el quemado en cal viva, y le hace adquirir consistencia.

Hornos permanentes. Detalles de sus operaciones. Figura 82 y 83.

Cuando la fabricacion ha de ser duradera, se establecen hornos como el indicado en la figura 82 y 83. Constan de un muro que cierra por tres lados el horno, cuya altura es ordinariamente de 4,5 metros. La parte superior se cubre con un tejado á dos aguas, dejando aberturas por donde salga el humo y el vapor.

Por el frente abierto se construyen pequeñas bóvedas con los trozos gruesos de la misma piedra; estas tienen unos 65 centímetros de altura y 50 de ancho. En el bovedado se dejan aberturas para que pase el humo, y se van echando las capas de piedra que han de quemarse, colocando los trozos mas gruesos que son mas difíciles

de quemar en las capas inferiores, y la parte superior se cubre con el *ripio* ó fragmentos mas pequeños.

Concluidas estas operaciones se cargan los hogares con leña ó retamas, se dá fuego, activándole gradualmente y haciendo que se conserve un calor lo mas igual que sea posible hasta que esté bien quemado el yeso. No exije este tan fuerte calor como la cal, siendo suficiente 200 grados del pirómetro. En este horno dura la operacion de diez á quince horas, y se gasta de 135 á 211 kilógramos de combustible por metro cúbico de yeso; siendo encina suelen bastar diez y seis horas de un fuego activo para un horno de trece metros cúbicos de cabida; sin embargo, exijirá mas ó menos tiempo segun el tamaño de la piedra, el grado de sequedad del combustible que se emplee y el estado de la atmósfera.

En otro horno de 60 metros cúbicos se gastaron 211 kilógramos de leña de encina por metro cúbico de piedra, y 192 cuando era mezclada de castaño y álamo.

Exigen estas operaciones un hornero práctico, pues si se *pasa* el fuego, es decir, si se quema demasiado ó muy poco, pierde el yeso sus buenas propiedades Se puede reconocer si está bien quemado el yeso y su calidad por los métodos que se indicarán. El peso disminuye una cuarta parte próximamente, en razon á que se evapora el agua que contenia la piedra.

Es necesario al cargar el horno tener cuidado que la piedra no esté mezclada con fragmentos demasiado menudos, pues obstruirian los huecos que deben quedar entre las piedras para que circule la llama y el calor. Cuando se concluye de quemar, se cubre la hornada con el polvo y piedra menuda para concentrar el calor, y así se enfria gradualmente; en seguida se estrae y se pulveriza para almacenarle ó remitirle á las obras.

Los hornos que se describen para la calcinacion de la piedra caliza, en particular los representados en la figura 6, han tenido alguna aplicacion para quemar el yeso; pero los generalmente empleados son los descritos anteriormente.

El yeso que se emplea en las construcciones debe conservar, despues de cocido, su blancura natural; si se adoptase para calcinarle la hulla por capas alternadas con la piedra, se ensuciaria demasiado: así es que este método no es conveniente, y solo suele aplicarse cuando el yeso está destinado para el abono de los terrenos. Es necesario, en el caso de emplear la hulla, que se queme esta en un hogar separado de la piedra, por un medio análogo á los descritos al tratar de la cal. (Empleo de la hulla y el coke.)

En la esposicion de Paris de 1855 presentó M. Dumesnil, fabri (Horno de Dumesnil.)

cante de yesos, varios productos notables. El horno que emplea para la coccion del yeso consta de dos partes; del hogar en forma de cono invertido, y del horno en forma de cono truncado; puede cocer 35 metros cúbicos por dia; el combustible que se emplea es la madera. Se obtiene, segun el fabricante, una economía de precio de un 30 por 100 en el quemado.

Cocion por el vapor de agua, horno de Viollet.

La coccion de la piedra de yeso por medio del vapor de agua fue ensayada por Viollet, hace algunos años; su objeto principal ha sido el obtener un material mas limpio y mas igual. Considera como muy imperfectos los demas medios empleados, tanto respecto de los sistemas comunes, como empleando el coke; las corrientes de aire caliente, las cajas metálicas, etc. Su procedimiento dice reune todas las buenas condiciones deseadas.

Como se indicó antes, el agente calorífico que emplea es el vapor de agua; pero *sobre-calentada*: es decir, que al salir este del generador ó caldera pasa por un serpentin calentado de *ex profeso*, en el cual adquiere la temperatura conveniente.

El aparato que emplea está compuesto de una caldera, de un serpentin de metal y de un doble ó triple recipiente de mampostería en el cual se coloca el yeso. La figura del recipiente es oval, y se carga por medio de ventanillos opuestos que pueden cerrarse herméticamente. Para establecer la comunicacion entre las diferentes capacidades hay tubos con llaves, y al lado del recipiente un termómetro que indica la temperatura del vapor antes de entrar en aquel.

El vapor que se forma en la caldera circula por el serpentin, y despues de adquirir la temperatura conveniente, penetra en el primer recipiente, circulando por entre la piedra y cuece á esta por grados y con igualdad; pasa al segundo recipiente ó capacidad, donde tambien hay piedra de yeso y sale nuevamente al aire libre, arrastrando toda la humedad del yeso, la cual ha absorbido á causa de su elevada temperatura.

En el primer recipiente es en donde se hace la coccion mas completamente, por estar mas próximo al generador del vapor; en él penetra este á 200 grados, de suerte que al entrar en el segundo ya no tiene el calor necesario; pero se aprovecha el vapor que de otro modo se perderia en elevar la temperatura y preparar la piedra del segundo recipiente, de suerte que cuando la coccion se concluya en el primero, se dirige el vapor directamente al segundo, y echando nueva piedra en el primero, viene á su vez á prepararse por el perdido de aquel.

Aunque parece á primera vista estraño que el vapor seque y cal-

cine el yeso, dice Viollet que no lo es, considerando que cuando está calentado á 200 grados, es un gas ávido de agua, en razon á lo elevado de su temperatura, y que absorbe por consiguiente la que existe en los cuerpos con que se pone en contacto. Se ha empleado este procedimiento para fabricar carbon.

Segun el mismo, la esperiencia acredita la bondad del método; hizo esperimentos con la tension del vapor de media atmósfera, manteniendo constantemente la temperatura entre 190 y 200 grados; al cabo de nueve horas en que terminó la operacion, la piedra habia perdido un 18 por 100 de peso y estaba bien cocido.

Comparado el yeso cocido por el vapor durante tres horas al ordinario, quemado por los métodos comunes, encontró igualdad de calidad y mas blancura; cuando la coccion al vapor duró seis horas, presentaba la misma calidad que el de moldear. Cuando duró nueve horas era muy bueno, aunque no muy superior al cocido durante seis horas. No trae cuenta el aumentar la presion del vapor mas de media atmósfera.

Admitido que en los hogares de calderas bien construidas, 46 kilógramos de hulla producen 276 de vapor, la cantidad necesaria para cocer un metro cúbico será de unos 53 kilógramos.

En resúmen, presenta este sistema, segun su inventor, las ventajas de producir un yeso de mejor calidad y blancura con mayor facilidad y economía.

Puede aprovecharse el vapor perdido en mover una máquina ó los molinos para el mismo yeso, ó en otros usos, saliendo por consiguiente de balde el combustible en estos casos.

La figura 84 es la planta del horno, compuesto de tres capacidades, y la proyeccion de los tubos de circulacion del vapor; la figura 85 es la seccion vertical dada por la línea *A B C D* Figura 84 y 85.

a, *a*, son dos generadores de la fuerza, entre ambos, de 80 caballos.

k, serpentin interior.

c, *d*, *e*, tres hornos de mampostería, separados por un sistema de tubos con llaves. Por la abertura superior *f*, *f*, *f* se carga el horno, y por las inferiores *g*, *g* se saca el yeso ya cocido.

El vapor entra por el tubo *h* al serpentin *k*, se calienta en este, sale por el tubo *i*, en donde se encuentra un termómetro colocado sobre el tubo *j*, pasa en seguida al tubo *l*, penetra de alto á bajo en el recipiente *c*, atraviesa la piedra de yeso, la cuece, vuelve á subir por este tubo vertical y acodado *m*, pasa á la parte horizontal *n* de este tubo, entra en el recipiente *d*, le atraviesa de alto á bajo,

y vuelve á subir por el tubo acodado *o*, saliendo al aire libre abriendo una llave colocada en la parte horizontal del tubo *p*.

Terminada la coccion en *c*, se hace penetrar el vapor directamente á *d* para que pase á *e*; para esto se abren las llaves 1, 2, 3, 6, 9 y 10; permaneciendo cerradas las demas, el vapor llega al tubo *j*, pasa al *q*, despues al *n*, atraviesa de alto á bajo el horno *d*, vuelve á subir por el tubo *o*, sale por el *p* al horno *e*, le atraviesa, y vuelve á subir por el tubo acodado *r* para salir al aire libre por una llave colocada en la parte horizontal del tubo *s*.

Para hacer pasar, despues de la coccion de la hornada *d*, el vapor contiguo nuevamente cargado, se abren solo las llaves 1, 2, 4, 5, 10 y 11, llega aquel al tubo *j*, pasa al *t*, despues al *n*, atraviesa el horno *c*, vuelve á subir por el tubo *r*, va por *s* y *c* al horno *e* por medio de una llave colocada en el tubo *n*, y así sucesivamente.

Horno de serpentin de Minich.

En 1845 sacó patente en Francia Minich para la calcinacion del yeso por medio de un calor constante, y dispuesto de modo que no pudiese perjudicarle el humo para conservar su blancura.

Figuras 86 y 87.

La figura 86 representa una seccion longitudinal, y la 87 la vista del frente del horno. La parte *a* de ladrillo, que envuelve el aparato, está colocado sobre el hogar. En *b* hay una parrilla; dentro de un cilindro *d* horizontal de palastro está la rosca de Arquimedes *e*; los dos estremos de su eje *f f* descansan en cojinetes.

Los productos que se desprenden del hogar, del mismo modo que el humo, salen por el tubo *i*, y los vapores formados durante la calcinacion del yeso salen por el tubo *j*.

El material que se ha de calcinar se reduce á fragmentos, echándole en la tolva *k*, desde donde cae al aparato. En el otro estremo hay un depósito en donde cae el material ya cocido, el cual está cerrado por una puerta, que se abre para estraerle. La parte móvil del aparato, que es únicamente el cilindro *d* y la hélice *c* se hace girar por medio de la manija *m*, cuyo árbol lleva un piñon que trasmite el movimiento á la rueda, que está en el estremo del árbol *f*.

Cuando el calor desenvuelto por el combustible es suficiente, el yeso reducido, como digimos, á fragmentos pequeños ó en polvo, se introduce en la tolva *k*; baja por su propio peso, se revuelve convenientemente por el agitador, y le cogen las hélices *e*, para lo cual el obrero encargado del horno hace girar la manija *m*, y gira tambien el cilindro *d* y la rosca *e*. Al quemarle, el agua que contenia se evapora y escapa por *j*. El yeso ya quemado cae del cilindro *d*, y se mezcla en el depósito *t*.

Creemos que este horno tendrá solo aplicacion conveniente para

obtener yeso fino, para vaciados de estátuas ú otros objetos análogos; pero no para obras de construccion.

En 1850 sacaron patente en Francia Friquet y Guyant para construir hornos, como indican las figuras 88 y 89; la primera representa una seccion longitudinal, y la segunda vista por *a b*. Contiene interiormente cilindros de hierro, en los cuales se quema el yeso en polvo ó fragmentos y al grado que se quiera. Estos cilindros se llenan de yeso hasta cierta altura, y ruedan por carriles de hierro desde la parte superior hasta la inferior, recibiendo el grado conveniente de calor. Cada cilindro tiene un pequeño agujero en su base para que se evapore el agua que contiene el yeso. Horno de tubo de Friquet y Guyant. Figuras 88 y 89.

Tambien podian disponerse cadenas sin fin para hacer bajar los cilindros.

Parece que este sistema es económico y produce yeso muy blanco y puro. Tiene la ventaja este horno de poderse aprovechar por su medio el polvo y desperdicios de cantera.

El fabricante dice pueden colocarse tambien estos hornos en la parte superior de los de cal, aprovechando así el calor perdido para la coccion del yeso.

Los yesones de los derribos pueden convertirse nuevamente en yeso por el sistema empleado por Kromer, quemándolos nuevamente. Los trozos mayores se colocan en el fondo del horno para que aprovechen mas el calor; la altura de la carga no escede de un metro. Los hornos empleados son anchos por abajo y estrechos arriba, de forma curva para que refleje el calor; en el medio se deja una canal de corriente de aire para que no se apague el fuego. Parece ser que este yeso es mas lijero y graso que el nuevo y absorbe menos agua; debe amasarse fuerte y emplearse pronto. Aprovechamiento de los yesones de derribos.

TERCERA SECCION.

OPERACIONES ULTERIORES AL QUEMADO.—RESISTENCIA.—PESO.

Para ensayar la calidad del yeso despues de quemado, se echa en una vasija de hierro y se pone al fuego, revolviéndole continua- Ensayos prácticos del yeso.

mente. El agua contenida en la piedra se evapora, y cuando cesa esta evaporacion (lo que se conoce poniendo encima un vaso invertido, en el cual se adherirán los vapores), se halla en estado de probar su clase.

La calidad del yeso puede conocerse segun Payen, considerando que el que está bien cocido debe absorber los tres cuartos de su peso de agua, fraguar amasado con esta y tomar una consistencia firme al cabo de algunos minutos. Para hacer la prueba se mezcla una parte de yeso y 3,2 de agua en peso; si la consistencia es nula y el yeso se precipita al fondo en estado arenoso ó pulverulento, es que está muy poco ó demasiado quemado, y en este caso no es útil para emplearse; si la consistencia es blanda, indica que es de mediana calidad, si la consistencia que resulta es fuerte y no sobrenada el agua, indica que es de buena calidad para emplearse en obra.

Es fácil reconocer si está bien ó mal quemado el yeso, pues amasado forma en el primer caso una pasta untuosa al tacto, pegándose á los dedos, propiedad que pierde cuando lo está demasiado ó poco; en este último caso es árido, no absorbe el agua sino imperfectamente, y cuando está demasiado quemado tampoco la absorbe por estar en parte vitrificado, y al emplearse forma granos en vez de resultar enlucidos pastosos y lisos.

El yeso de mala calidad tiene un color amarillento; reducido á polvo es áspero al tacto, como si fuese polvo de piedra caliza; fragua lentamente, y los enlucidos que se hacen con él se agrietan.

Suele adulterarse el yeso mezclándole con cenizas ó tierras, lo cual hace que fragüe mal ó no agarre bien al material.

Clases del yeso.

El yeso que se gasta en Madrid y en otras provincias se distingue con los nombres de *tosco*, de *criba* y *fino*, ó blanco espejuelo.

Con el primero se guarnecen y reciben los tabiques antes de enlucirlos y se preparan los reboques; el yeso negro está en este caso. Se despacha generalmente por *cahices* de doce fanegas y de siete arrobas y ocho libras castellanas de peso; se divide en veinte y cuatro costales. El de criba se despacha del mismo modo que el anterior. El blanco se dispone en costales de dos fanegas á 46 kilógramos (cuatro arrobas) costal.

Molido y cribado.

El molido del yeso puede verificarse de varios modos; uno de ellos *á brazo*; es decir, por medio de *palancas* (1), mazos ó pisones manejados por operarios; estos útiles pueden ser de madera fuerte ó *herrados*.

(1) La palanca es una maza larga de encina con mango oblicuo.

Un obrero en diez horas de trabajo puede machacar y tamizar unos 100 kilógramos.

El trabajo del molido del yeso puede hacerse tambien por medio de batanes comunes compuestos de un cilindro horizontal con unos dientes ó alabes alternados que al girar hacen levantar los mangos ó alabes de los mazos ó pisones; el yeso se pone en un cajon inferior. Tambien pueden emplearse molinos de rueda como los que se indican al hablar de la fabricacion de morteros ó cilindros de fundicion. Comunmente los molinos de las yeserías son ruedas cónicas de piedra que giran en una canal circular inclinada del centro á la circunferencia.

El molino de que sacó hace pocos años privilegio de invencion en Francia M. Pettier, está representado en la figura 90, seccion vertical; 91 y 91 (2) detalles del molino; *a a* es una parrilla de hierro colocada sobre la bóveda del molino, en la que se echa el yeso quemado; *b* brida de hierro que recibe el tejuelo del árbol sujetándose á la campana por medio de pasadores. El objeto de esta disposicion es el de evitar los piés derechos que ocasionan sacudimientos perjudiciales; *e* tuerca para arreglar el molino y evitar se afloje la rosca; *d* combinacion de tres engranajes para poder hacer variar la velocidad del molino. Tambien dispuso el inventor este aparato con dos ruedas de ángulo movidas por un tercer eje. Figura 90 y 91.

El yeso se cierne con zarandas de hierro, cuyos agujeros ó mallas tienen distintos tamaños segun la clase que se quiera obtener. Las *granzas* son los residuos que quedan en la zaranda.

En la esposicion de París de 1855 presentó M. Dufailly un aparato para matizar el yeso, evitando queden las granzas que se encuentran en el yeso cernido por el método ordinario. Consiste en un tamiz á que puede darse movimiento, por el cual sale el yeso de la finura que se quiera, y echa los fragmentos gruesos debajo de un cilindro que los muele. La economía producida en las construcciones empleando este yeso parece ser de un 16 por 100.

Trasporte y conservacion del yeso.

Despues de quemado el yeso, se quebranta ó se pulveriza para guardarle ó trasportarle á las obras. Si se amasa á poco tiempo que sale del horno, suele fraguar tan pronto que no dá lugar para hacer esta operacion convenientemente y usarlo, siendo necesario dejarle airear unos dias. Generalmente se lleva á las obras reducido á polvo para mayor comodidad; sin embargo en obras de consideracion que estén lejos de los hornos, podrá ser conveniente el llevarle en piedra y cocerle al pié de la obra ó próximo á ella, en razon á que al trasportarse puede echarse á perder. En efecto, es necesario preservarle del contacto del aire, en particular si este es húmedo, pues

absorbe el agua, y *aireado* suele ser necesario volverle á quemar para que sirva, escepto en el caso indicado antes.

El trasporte se puede hacer en toneles bien cerrados ó en costales, que es el medio comun de verificarlo, teniendo cuidado de no colocar estos en parajes húmedos, ni en donde dé mucho el sol, y trasportarle en carros entoldados. Puede conservarse, aunque sea un año, almacenado en un local cuyo suelo esté bien seco; se riega la superficie de los montones para que se forme una costra, y esta preserva el interior.

Preservacion del yeso en obra.

El yeso empleado en sitio que haya humedad la absorbe y se reblandece; así es que no tiene buena aplicacion sino en parajes secos como sucede en el interior de los edificios, y aun en estos no en las cuevas ó par tes húmedas. Para preservarle ha solido emplearse una composicion de tres partes de aceite de lino, tres de cera amarilla y un poco de litargirio cocido en agua ; aplicada esta composicion á 100 grados de temperatura, ó hirviendo, se introduce en el yeso, le endurece y le prepara para poderse pintar sobre él. Tambien puede mezclarse el yeso en polvo con alumbre, y cocer la mezcla en horno de reverbero.

Amasado del yeso.

Para amasar el yeso se echa primero en la artesa ó *cuezo* el agua necesaria, y se va vertiendo aquel poco á poco, esparciéndole con la paleta hasta que llega cuasi á la superficie del agua; se espera empieze á trabar ó espesar, y se le revuelve con la paleta, deshaciendo con los dedos las partes apegotadas; si se ha echado el agua puramente necesaria, necesita emplearse inmediatamente despues de amasado, pues de lo contrario se endurece y no puede usarse. Cuando está demasiado claro, se deja reposar lo necesario para que trabe y adquiera la consistencia conveniente, empleándole asi que la adquiere.

La cautidad de agua necesaria para el amasado depende del objeto á que se destine el yeso. Suponiendo esté bien quemado, y sea el fino tamizado, exige próximamente seis partes en volúmen de agua para cinco de yeso si se destina para blanqueos. El tosco de criba destinado para forjados, jaharros y tendidos, (1) para cinco partes de yeso en volúmen 3,5 de agua. Cuando el yeso no está bien cocido ó está demasiado, absorbe una octava parte de agua.

Cuando quiere obtenerse un yeso que tenga mayor dureza se amasa con agua de cal ó con agua de cola. A veces el yeso es demasiado fuerte, como sucede con el que se esplota en las cercanías de Madrid, y suele tener que mezclarse en las yeserías con otro mas

(1) En la quinta parte puede verse el significado de estos nombres.

flojo. Algunas veces los operarios le mezclan con tierra al amasarle para que no se revenga ó endurezca tanto, lo cual es muy perjudicial. Para que no endurezca demasiado pronto cuando es muy puro, se suele mezclar con arena.

Las paletas que se empleen para el amasado del yeso deben ser de cobre, pues las de hierro se oxidan muy pronto en razon al ácido sulfúrico que contiene aquel. Es necesario limpiarlas cuando se concluye de amasar porque se endurece el yeso, pegado y si se amasa nuevamente se mezclan los fragmentos endurecidos con la nueva masa. Tambien puede amasarse con la mano, pues no tiene causticidad como la cal, y por consiguiente no quema ni perjudica la piel.

Despues que se ha gastado la masa, limpia el cuezo el peon con la *raedera*, que es una tabla pequeña, semicircular, para que no quede yeso endurecido cuando se amasa otro nuevo.

La consistencia que adquiere el yeso al fraguar, proviene de que la multitud de cristales que se forman se enlazan los unos con los otros.

Aumento de volúmen.

El yeso despues de amasado aumenta de vólumen al solidificarse, circunstancia que hay necesidad de tener presente cuando se emplea, particularmente en la construccion de bóvedas, para dar la suficiente resistencia á los estribos. Consiste este aumento de volúmen en que cristaliza rápidamente al fraguar, y no pueden colocarse bien las moléculas; la esperiencia prueba que un metro cúbico de yeso en polvo produce 1,18 de argamasa en el momento de solidificarse; una hora despues de amasado adquiere un aumento de volúmen de un $1/2$ por 100, y á las veinte y cuatro horas de un 1 por 100.

RESISTENCIA A LA COMPRESION.

	Kilógramos.
Segun Rondelet, el yeso que ha sido amasado con agua resiste por centímetro cuadrado......................	50
El amasado con lechada de cal......................	73
Segun Vicat, amasado claro......................	42
Fuerte de consistencia espesa......................	90

RESISTENCIA A LA ESTENSION.

Segun Rondelet el yeso comun resiste por centímetro cuadrado....................................	5
Segun Vicat el yeso fuerte desde dos horas á doce dias de amasado....................................	12
Id. id. el claro....................................	6

FUERZA DE ADHERENCIA.

Segun Rondelet la fuerza de adherencia del yeso con las piedras y ladrillos es por centímetro cuadrado.........	3
Sganzin da para la adherencia con el ladrillo cuando el esfuerzo es paralelo al plano de rotura y despues de nueve dias de amasado....................................	1,41 á 1,78
Con el hierro despues de nueve á diez y siete dias.......	10 á 17

Con las piedras calizas es menor la adherencia que con las areniscas y el granito. Disminuye con el tiempo, al contrario de lo que sucede con la cal.

No debe confundirse la fuerza de adherencia con otros materiales, y la cohesion de las moléculas del mismo material unas con otras. Esta fuerza es generalmente menor que la primera. Los esperimentos se hacen como dijimos al tratar de las cales.

PESO.

	Kilógramos.
El peso del metro cúbico del yeso en piedra es...........	2168
El tosco despues de veinte y cuatro horas de amasado....	1577 á 1600
Id. á los dos meses de amasado......................	1390 á 1440
Segun Larroque y Claudel despues de quemado y zarandeado....................................	1200 á 1270

TERCERA PARTE.

Ladrillos.—Baldosas.—Tejas.—Caños.

PRIMERA SECCION.

DESCRIPCION DE ESTOS MATERIALES Y DE LAS OPERACIONES QUE HAY QUE VERIFICAR HASTA SU COCCION.

La clasificacion de los ladrillos puede hacerse teniendo en consideracion sus calidades, formas, etc. Relativamente á las primeras, pueden dividirse en ladrillos *crudos* ó *adobes*, y en ladrillos *cocidos*; y estos últimos en ladrillos *comunes* ó en ladrillos *refractarios*, segun estén fabricados, con arcillas comunes ó con arcillas que resistan á la accion del fuego. En cuanto á su forma, pueden ser como los ladrillos comunes, de seis caras iguales dos á dos ó de formas dobeladas ó de otra clase; pueden ser tambien macizos ó huecos. Clasificacion general del ladrillo.

Adobes.

Los adobes ó ladrillos *crudos*, es decir, sin someter á la accion del fuego, tienen un uso muy frecuente en las construcciones rurales, y en la antigüedad se empleaban en obras importantes, habién- Empleo en la antigüedad; su fabricacion y clases.

dose llegado á conservar durante muchos siglos varios restos de edificios construidos con este material. En Egipto, la pirámide que, segun la tradicion, fue erigida por el rey Asichis, estaba edificada con adobes. En Grecia y en Roma se emplearon en la construccion de templos y toda clase de edificios.

Vitrubio habla del sistema que seguian en la antigüedad para la fabricacion de adobes con tierra arcillosa. La primavera y el otoño era la estacion destinada para esta fabricacion con el objeto de evitar secasen rápidamente y se agrietasen, como sucederia en el verano; se dejaban secar al menos dos años, con el objeto de que no se produjesen asientos en la obra. Los magistrados de Utica no permitian que se empleasen los adobes sino despues de cinco años al menos de fabricados.

Los griegos fabricaban tres clases de adobes; el *Dideron*, que es el que usaron tambien los romanos, y el *Tetradoron* y *Pentadoron*. El primero tenia unos 28 centímetros de largo y 14 de ancho; las otras dos clases eran cúbicos, y tenian 54 á 68 centímetros de lado. Tambien empleaban los griegos medios adobes de las dos clases últimas.

En Persia y Levante hacen uso de los adobes para la construccion de edificios, á pesar de tener piedra abundante, en razon á ser mas frescas las habitaciones construidas con aquellos.

Fabricacion de los adobes.

Para fabricar los adobes se debe elegir una tierra arcillosa, que no esté mezclada con materias estrañas; y para conseguirlo, se acriba; tambien debe procurarse no sea salitrosa. Se amasa la tierra con esmero, de modo que presente la consistencia conveniente, y preparada de este modo, se mezcla con una corta cantidad de paja ó con arena para que al tiempo de secarse y al contraerse no se agrieten los adobes. La masa se echa en el molde, al que se dá el nombre de *marco* ó *gradilla*, cuyo hueco es de la dimension que ha de tener el adobe, contando con la disminucion de dimensiones despues de secos, por efecto de la contraccion.

Antes de echar la tierra se espolvorea el suelo de la mesa en que se coloca el molde, y tambien á este con arena fina, para que no se pegue la tierra, y se echan las pelladas en él, macizándole con la tierra; en seguida se pasa el *rasero*, para formar la superficie del adobe y quitar la masa sobrante.

El adobe sacado de la gradilla se pone á secar al aire en paraje cubierto, si es posible, y sobre un suelo plano; al sol se contraerian demasiado pronto y podrian agrietarse. El tiempo que tardan en secarse depende de la temperatura ó vientos reinantes.

No nos detendremos mas en los detalles de la preparacion de las

tierras, moldeado y desecacion, pues se esplicará suficientemente al hablar del ladrillo cocido, y es aplicable al caso actual.

Los adobes se unen en las obras con morteros de tierra arcillosa ó de cal y arena; los paramentos de las tapias en que se empleen, deben revocarse para preservarlos mejor de los efectos de la intemperie. Con el tiempo y la accion del sol adquieren bastante dureza en los paises cálidos, pero en los climas húmedos no tienen buena aplicacion.

Son muy comunes en España las construcciones de esta clase.

Ladrillos cocidos.

El empleo de los ladrillos *cocidos* ó endurecidos por la accion del fuego, es muy antiguo; los restos de varias construcciones que pertenecieron á Babilonia y á Nínive, son de este material; los habia barnizados y de colores, de una calidad escelente. Los griegos hicieron poco uso del ladrillo, siendo mas bien *baldosas* delgadas las que empleaban. Uso en la antigüedad.

La fabricacion de ladrillos hechos espresamente para la construccion de muros, no data sino desde el reinado de los emperadores romanos, conceptuándose como el monumento mas antiguo de Roma, construido con ladrillo, el panteon de Agripa, del tiempo de Augusto; despues de esta época los emplearon en la mayor parte de sus edificios. Revestian generalmente los muros de ladrillos con revoques de estuco ó con mármoles; tambien solian dejar el ladrillo aparente, combinándole convenientemente, como se observa en la gruta de Egeria, en Roma.

Habia ladrillos cuadrados y triangulares; los primeros tenian hasta 54 centímetros de lado. En las ruinas del Circo romano de Itálica, próximas á Sevilla, hay bóvedas de ladrillo de dos clases; el uno de 42 centímetros de longitud, y de 3,5 á 4,6 centímetros de grueso; el otro de la mitad de aquella longitud y de 7 centímetros de grueso.

En España se hace gran uso del ladrillo, y tambien en Inglaterra, Bélgica y Francia.

Los ladrillos empleados en las construcciones modernas son rectangulares, de dos lados mayores, lo cual facilita su uso, pudiéndose enlazar y combinar mejor que si su forma fuera cuadrada. Clasificacion del ladrillo cocido por sus dimensiones y calidades.

Las dimensiones del ladrillo son variables; sin embargo, pueden considerarse como las mas generales las que tiene el que se fabrica en la provincia de Madrid: tanto estas dimensiones como los di-

ferentes nombres que recibe en la práctica, atendiendo á su calidad, son los siguientes:

El ladrillo *comun* tiene 27,7 centímetros (12 pulgadas) de longitud, 13,5 centímetros (6 pulgadas) de ancho y 1,7 centímetros de grueso.

El *gordo* es mas grueso que el anterior, como sucede con el ladrillo jabonero de la ribera del Tajo, que tiene 29,30 centímetros por 19,90 y 4,70 (12,5 pulgadas por 8,5 y 2 de grueso).

El ladrillo *fabriquero* 27,7 centímetros (12 pulgadas) de longitud, 18 á 20 centímetros (8 pulgadas) de ancho, y 3,5 centímetros (1,5 pulgadas) de grueso.

Ladrillo *rasilla*.—Es el ladrillo fino delgado.

Ladrillo de *pinta* ó *recocho*.—Es el ladrillo muy cocido, color encendido. Suele presentar tambien un color amarillo bajo, segun es la calidad de la arcilla.

Ladrillo *portero*.—Es el que resulta mal cocido y de mal color; en general, salen de esta calidad los que se colocan en la parte superior del horno.

Ladrillo *tosco*.—Es el ladrillo de algo mejor calidad que el portero.

Ladrillo *rosado*.—Es el que resulta de la parte media de la hornada.

Ladrillo *fino*.—Es el ladrillo de arcilla de buena calidad, bien amasado y esmerada fabricacion, y *ordinario* el muy poroso, hecho con tiérras poco arcillosas ó muy mezclado con arena, que es el defecto de los ladrillos fabricados en las cercanías de Madrid.

El ladrillo de la ribera del Tajo es generalmente de calidad escelente, en razon á la bondad de las arcillas; le hay de varias clases; el llamado *froga* es de 29,24 centímetros (12,5 pulgadas) de longitud, 19,73 centímetros (8,5 pulgadas) de ancho, y 2,92 centímetros (1,25 pulgadas) de grueso: á la italiana de 25,55 centímetros (11 pulgadas) de longitud, 27,7 centímetros (6 pulgadas) de ancho, y 4,68 centímetros (2 pulgadas) de grueso. Estas dimensiones suelen variar.

Para obtener en las construcciones economía de mortero y de mano de obra, seria bueno el emplear ladrillos de mayores dimensiones; pero hay mas dificultad para el moldeado y coccion: sin embargo, para las obras de fábrica de los caminos de hierro se hacen actualmente de mayores gruesos y anchos. Las dimensiones anteriores se adoptan por ser mas convenientes para la combinacion en las paredes de los edificios.

Ademas de la forma rectangnlar, se construyen dobelados para bóvedas, á la inglesa, con rebordes, para que el tendel de la mezcla sea aparentemente mas delgado, y los ladrillos para chimeneas. Al tratar de los ladrillos huecos se darán á conocer otras formas. En general, tanto estos como los anteriores admiten gran variedad de formas. Las baldosas son ladrillos mas delgados, y generalmente de mayores dimensiones en el ancho y largo, que sirven para solar los pisos. Formas especiales de ladrillos macizos.

Arcillas.

Las arcillas son muy abundantes en la naturaleza, presentándose pocas veces en la superficie del terreno; se encuentran generalmente formando bancos horizontales, recubiertos de arena, de caliza ó de silex. Otras veces se halla formando masas interrumpidas. Sus propiedades.

Las arcillas se disuelven en el agua; espuestas al fuego endurecen y no pueden ya formar pasta nuevamente con ella. Espuesta al aire la arcilla despues de estraida de la cantera, se seca, se contrae y se cuartea perdiendo próximamente $^1/_6$ de su peso y disminuye su volúmen.

En la clasificacion de arcillas considera Brongniart como sus bases principales, la proporcion de sílice y de alúmina que contienen; siendo predominante muchas veces la primera, aunque por su densidad suele confundirse con la alúmina; sin embargo, las propiedades de ambas son muy diferentes, pues la alúmina se combina fácilmente formando pasta con el agua; es absorbente y untuosa, y la sílice no posee estas propiedades. Los carbonatos de cal, óxidos metálicos y la magnesia, no se pueden considerar sino como mezclas accidentales, que no constituyen la base de la arcilla. Clasificacion y composicion.

La propiedad indicada de la alúmina hace que las arcillas sean mas ó menos untuosas al tacto, y que cuando están húmedas se adhieran á los labios y se hagan correosas; es la causa principal de la plasticidad de las arcillas y la que produce ductilidad en ellas.

Cuando las arcillas contienen cierta cantidad de óxidos ó sulfuros metálicos y sales, como el carbonato de cal, entran en fusion fácilmente; el óxido de hierro produce un color amarillento ó rojizo. La arcilla plástica puede ser blanca, gris, azul, roja, etc.; en general sus colores son sucios.

Las arcillas cuya fractura es de grano fino, suaves al tacto y lustrosas, son las mejores.

El caolin para la fabricacion de porcelanas proviene de la descomposicion de las rocas feldespáticas.

Brongniart divide las arcillas en *plásticas* y *figulinas*; esta última clase es la menos tenaz, y contiene á lo mas un 5 á 6 por 100 de cal. Tambien se han clasificado en *apiras* ó *refractarias*, *fusibles*, *efervescentes* y *ocráceas*.

Petot las divide en *refractarias*, *ocráceas*, y *calizas*.

En la industria se suelen clasificar tambien por sus usos en tierras o *arcillas* de *ladrillos*, de *alfarero*, de *pipas*, de *porcelanas*, etc.

Análisis de las arcillas.

Para averiguar las cantidades de óxidos de hierro ó súlfuro y las materias calizas que contiene una arcilla, que son las materias mas nocivas para la fabricacion del ladrillo cuando se trate de verificarla con esmero, debe procederse á su análisis. Pelouze propone un método suficientemente aproximado para el objeto, y que es el siguiente:

Se toman trozos próximamente iguales, de diferentes sitios de la arcilla que se ha de ensayar, se amasa bien con un poco de agua; y haciendo una torta se deja secar al sol ó al calor suave de un horno ó estufa. Se pulveriza una parte de esta torta, se pone en un vaso, y se echa ácido muriático concentrado hasta cubrir aquella con esceso; se revuelve con frecuencia durante un dia entero, favoreciendo, si se puede, la evaporacion, aunque lentamente, por medio de un calor suave como el de cenizas calientes, baño de arena, etc. A medida que se evapore el ácido se va añadiendo mas, y en seguida se echa agua destilada ó clara hasta triplicar próximamente el líquido, se revuelve lentamente y se filtra.

En el licor filtrado se echa para cada 5 kilógramos de arcilla 0,5 de prusiato de potasa cristalizado, lo cual formará un precipitado azul. Se filtra por el papel bien seco, pesando este antes; se hace pasar agua clara sobre el filtro para lavar bien el residuo que queda en él; se seca dicho filtro y el precipitado que contiene se pesa.

Cuando contenga piritas ó pequeñas partículas de hierro, se hace enrojecer la arcilla antes de someterla al esperimento, y se la espone á una corriente de aire para hacer al hierro atacable por el ácido, por la combustion de parte del azufre.

Para hallar la parte de cal que contiene la arcilla, se opera sobre otro trozo de la torta, tambien con ácido muriático debilitado, revolviéndola con frecuencia, para cuya operacion bastan dos horas, y se filtra lavando el residuo. En vez de prusiato de potasa se echará un 15 por 100 del peso de la arcilla, de oxalato de amoniaco.

Peso de la arcilla.

El peso del metro cúbico de arcilla seca es de 1700 kilógramos, término medio.

Las arcillas que se emplean en la fabricacion de ladrillos, no deben de ser demasiado grasas, pues se agrietarian al cocerse. Tampoco deben ser muy ásperas ó terrosas, porque en este caso no endurecerian bien; por esto es preciso mezclar las arcillas para obtener una que tenga las cualidades que se deseen, con otras arcillas ó materiales convenientes. Las arcillas margosas ó calizas están en el primer caso; estas se desengrasan mezclándolas con arena arcillosa, ó con arcilla menos grasa. Tambien suele emplearse para este objeto los polvos de ladrillo, baldosa ó teja. Materias que se mezclan con la arcilla en la fabricion del ladrillo, proporciones, etc.

Mezclando sustancias que no ejercen accion química sobre la arcilla, hacen se sequen estas con mas facilidad, disminuyen la gran contraccion que se verifica cuando son demasiado grasas, y por consiguiente la deformacion de los objetos que se fabrican con ellas. Con el objeto de evitar la contraccion escesiva al secarse el ladrillo, suele mezclarse tambien la arcilla al amasarla con sustancias vejetales, como paja y aserrin, las cuales se queman al cocerse el ladrillo. Estas sustancias evitan en parte aquel defecto; pero suelen producir otro cuando se abusa de ellas, y es que el ladrillo resulta demasiado poroso, y de menor resistencia.

Petot verificó esperimentos mezclando varias clases de arenas con las arcillas, para ver cuales eran las mas convenientes para la fabricacion del ladrillo, y dedujo de ellas que las arenas muy finas son las que peores resultados producen: con arenas de tamaño regular vió podia mezclarse hasta una tercera parte del volúmen total, sin disminuir notablemente la resistencia del ladrillo; pero observa que cuando se fabriquen objetos finos y de formas complicadas, no debe emplearse sino arcilla pura para conservar su ligereza y solidez.

Aunque deberán hacerse esperimentos cuando se trate de verificar una fabricacion esmerada, sin embargo, puede tomarse como regla general las mezclas siguientes. Con la arcilla roja muy plástica 100 partes de esta y 43 de polvos de ladrillo ó de baldosas fabricadas con la misma arcilla; para la arcilla algo caliza 100 de esta y 25 de arena arcillosa; para 100 de arcilla roja ferruginosa muy plástica 50 de arena arcillosa.

En la fabricacion de manufacturas cerámicas se da el nombre de cementos á los materiales que han sufrido ya temperaturas muy elevadas, y cuya contraccion es muy pequeña ó nula. Provienen, bien sea de los fragmentos de ladrillos refractarios, ó de crisoles que se han limpiado bien, sin escorias ni partes vitrificadas. Tambien entra en la clase de estos cementos el cuarzo, la arena cuarzosa, la serpentina, el talco, el coke y brasas que no contengan piritas;

cuando es necesario se fabrican con arcillas cocidas. Estos cementos sirven para desengrasar las pastas. Se pulverizan para emplearlas, y segun el grado de finura que tengan, así resultará mas ó menos porosa la potasa. Si es muy fino, produce la mezcla un material quebradizo al fuego.

Eleccion de arcillas.

Las arcillas salitrosas son perjudiciales para la fabricacion de ladrillos, baldosas ó tejas; despues de algun tiempo arrojan sucesivamente el salitre á la superficie y se esfolian y destruyen, particularmente cuando se emplean en obras espuestas á la humedad.

Cuando las arcillas han de servir para construcciones en que hayan de depositarse productos químicos, vinos, cervezas, licores, ácidos, etc., deben eligirse arcillas muy silíceas.

Arcillas refractarias.

Para la fabricacion de hornos de fundicion, y otras obras espuestas á fuegos violentos, se emplean ladrillos de arcillas refractarias ó infusibles, provenientes de rocas feldespáticas, cuarzosas ó graníticas, descompuestas por la accion del agua.

Composicion.

Segun los análisis verificados por Vanquelin con varias arcillas refractarias, resulta predominar la sílice en ellas. En tres clases, reputadas como escelentes por su calidad refractaria, encontró las proporciones siguientes:

1.ª		2.ª		3.ª	
Sílice.........	71,15	Sílice.........	43,5	Sílice.........	63
Alúmina.......	15,86	Alúmina	33,2	Alúmina	16
Cal,..........	1,92	Cal...........	3,5	Cal............	1
Agua.........	6,73	Hierro........	1	Hierro.........	8
		Agua.........	18	Agua.........	10

En vista de estos esperimentos, para conseguir arcillas refractarias, cuando no lo sean, porque las proporciones de sílice y alúmina sean iguales, ó domine esta, se deben añadir arenas finas y puras.

Si no hubiera arena fina á propósito, se obtendrá por la calcinacion de cantos de cuarzo blanco, apagados en agua y pulverizados; sin embargo no podrán obtenerse arcillas refractarias como las naturales.

La abundancia de óxidos metálicos hacen fusibles las arcillas, en particular los de hierro, el carbonato de cal y los súlfuros metálicos; sin embargo, se admite que cuando el óxido de hierro no es-

cede de $^1/_{20}$ del peso total, puede emplearse, y tambien cuando la cal no escede de $^1/_{10}$ de este peso. La magnesia no hace fusibles las arcillas, y produce el que sean suaves al tacto.

A medida que las proporciones de la silice y de la alúmina se aproximan mas á la igualdad, la arcilla va perdiendo la propiedad refractaria, segun lo indican los esperimentos verificados por Palonze. Grado de calor que funde estas arcillas.

Un fuego que esceda de 160 grados del pirómetro de Wedggrood, funde las arcillas mas refractarias.

Las arcillas refractarias se contraen menos que las comunes, y están menos espuestas á deformarse por la accion del fuego los ladrillos fabricados con ella. Contraccion.

En su estado natural presentan los colores de blanco perlado ó rosado, aunque tambien las hay grises ó de color pizarroso. Los colores de rosa, verde ó de ócre son debidos al óxido de hierro y piritas que, como se ha visto son perjudiciales; las tintas oscuras son debidas á las materias orgánicas ó bituminosas. Colores.

A pesar de que se ha indicado ya el método general de ensayar las arcillas, vamos á indicar el que suele seguirse para las arcillas refractarias, inserto en las *Memorias de Ingenieros civiles de Francia* de 1852, en un artículo de M. Petilgaud sobre la fabricacion de productos refractarios. Un trozo de la tierra arcillosa que hay que ensayar se deslie formando un caldo claro, y se echa en una faja de papel, engrasado de antemano para que pueda despegarse, y se seca esta faja sobre una plancha de palastro sobre fuego lento ó al calor de una lámpara. Cuando se va secando, formándose escamas en la arcilla, se echa esta en una cápsula. Ensayos.

Al estremo de un hilo de platina se pone un poco de arcilla que se conozca ya como muy refractaria, y se coloca en contacto con uno de los fragmentos que se sacaron, segun se ha indicado. Se toma el soplete con una mano y con la otra se aproxima el hilo á la llama de una lámpara; sucesivamente se calienta hasta colocar la arcilla en medio de la llama, y cuando se ha calentado bien, se dirige la llama á la bola de arcilla. Por la resistencia que presente la arcilla á entrar en fusion, se juzga su grado de fusibilidad.

Este procedimiento es muy seguro, pues las tierras fusiblas se hinchan y escorifican en menos de dos á tres minutos, y las arcillas refractarias forman una especie de porcelana mas ó menos trasluciente y coloreada.

A veces no son las arcillas blancas, que parecen puras, las mas refractarias. Las arcillas comunes resultan con tintas oscuras ó con partículas de mica; las granugientas son de mala calidad.

Son indicios tambien de ser refractarias de buena calidad cuando la fractura produce pequeñas asperezas puntiagudas y traslucidas, son untuosas, adhieren bien á la lengua, y mascadas no se nota tengan granos; rayadas con la uña presentan una línea continua; calcinadas blanquean, sin tomar tinta rojiza, y son sonoras, se contraen poco y se dividen en fragmentos irregulares, cubiertos de asperezas. Todo esto indica dominar la sílice.

Cuando hay partes vidriosas y azuladas, duras y sin escorificacion, domina la alúmina.

Otra prueba pronta, si no hay seguridad en la clase de arcilla que se emplee, es la de tomar un trozo bien seco y calentarle lentamente al fuego. Cuando empieza á enrojecer se le espone al fuego mas intenso del soplete media hora ó algo mas; si no se reblandece la arcilla, ni se producen bolsas, ni se vitrifica, es refractaria.

El medio mas exacto empleado en las fábricas para cerciorarse de la calidad de las arcillas refractarias es el siguiente:

Despues de calcinar la mitad del trozo que se ha de probar, se pulverizan separadamente ambos fragmentos, se mezclan bien, y se hace pasta y se forma un cilindro de 24 centímetros de longitud y 3 de diámetro, alisándole y secándole en estufa. Se coloca despues en un horno de reverbero, poniendo los estremos en ladrillos levantados 10 á 12 centímetros sobre el suelo del horno, y se calcina al máximo de temperatura durante cinco, seis ó mas horas. Si no se barniza el cilindro, ni se dobla por el medio, y resiste á una presion de 15 á 20 kilógramos, y no se agrieta al salir del horno á una corriente de aire, si la fractura es limpia sin presentar vitrificacion ni esmalte, se puede considerar la arcilla refractaria de escelente calidad.

Para que los productos fabricados no salten ó se agrieten con el uso pueden mezclarse las arcillas con un 5 por 100 de su peso de ácido carbónico, ó con un 25 por 100 de potasa ó carbonato de sosa.

En España se encuentran muy buenas arcillas refractarias en las provincias de Zamora y Asturias.

Preparacion de las tierras y moldeado.

Operaciones de que consta la fabricacion.

Las operaciones que hay que efectuar para fabricar los ladrillos, baldosas, tejas y caños pueden dividirse en cuatro clases, que son: la *preparacion* de la tierra, el *amasado* y *moldeado*, la *desecacion* y la *coccion*.

La arcilla para la fabricacion se estrae generalmente de la cantera á principios del invierno, se deja desmontada, y se remueve varias veces hasta la época de la fabricacion, que se empieza en la primavera. El objeto de proceder así es el de que se moje y reblandezca con las aguas del invierno y con las heladas, las cuales, al verificarse el deshielo, desagregan y hacen mas suelta la pasta y mas fácil de trabajar; sin embargo, algunos fabricantes creen que no produce buen ladrillo la arcilla que ha sufrido las heladas del invierno, y no la estraen antes de la primavera. Preparacion de la arcilla.

Es necesario cuidar al desmontar ó cavar la arcilla de quitar la capa de tierra vejetal que la cubre, la cual perjudicaria para la buena calidad del ladrillo.

El amasado de la arcilla se verifica en general del modo siguiente, cuando se emplean los medios comunes de fabricacion y se quiere hacer con esmero. Amasado de la arcilla.

Se disponen dos noques de un metro aproxidamente de profundidad, escavados en el terreno y revestidos de mampostería con mortero hidráulico. En vez de revestido de fábrica, suelen acompañarse las paredes del noque con tablones; pero el medio anterior es mas conveniente cuando se trata de una fabricacion permanente.

Se echa la arcilla en uno de los noques, y sobre ella cierta cantidad de agua hasta que se empape, y se deja así durante dos ó mas dias, segun sea la cantidad de material que se amase.

Uno ó mas obreros descalzos pisan esta arcilla y estraen una parte de ella de la capa superior pisada, la cual echan en el segundo noque, y en este se pisan tambien, marchando en varias direcciones; con una pala la remueven, baten y quitan los cuerpos estraños que encuentran. Desde este noque se estrae y estiende en el suelo esplanado, dispuesto al efecto, y se pisa de nuevo formando una capa de unos 15 centímetros de grueso, y con el pié se vá despidiendo la arcilla hácia adelante; suele espolvorearse con arena dicha capa para que no se pegue á los piés. Se marcha en dos sentidos y el operario tiene necesidad de apoyarse en un baston para poder sacar los piés. El sistema que se sigue en muchos tejares para amasar la arcilla es el siguiente:

Se desmonta solo la tierra que ha de emplearse desde luego, formando un monton el cual se riega; el operario va removiéndola sucesivamente con el azadon ó pala, y al mismo tiempo pisándola, y cuando llega cerca de las rodillas el monton preparado, se forma otro del mismo modo. El apisonado y batido de la tierra se verifica mas ó menos veces, segun sea el grado de bondad que quiera obte-

nerse; generalmente es poco esmerado cuando se fabrica material de bajos precios.

Para fabricar objetos delicados, como por ejemplo, ladrillos con molduras, teja y baldosa se deslie la arcilla en el agua, y se quitan los cuerpos estraños que contenga. Se deja aposar en el noque, y el agua se hace salir por medio de llaves colocadas en las paredes ó en el fondo, ó bien si es en corta cantidad la fabricacion, puede decantarse en la artesa ó en donde se amase; á estas operaciones se da el nombre de colar. Tambien suele dejarse evaporar el agua durante los dias necesarios.

La cantidad de agua que exige la arcilla para amasarse es variable; pero se calcula en una mitad á un tercio de su volúmen.

Para evitar las operaciones penosas que hay que verificar en el amasado y poder fabricar mas cantidad y á menos precio, se han ideado aparatos que imiten el trabajo que hacen los operarios; sin embargo, dificilmente pueden obtenerse para esta operacion las ventajas que resultan de la vista y tacto de aquellos para estraer las piedrecillas y demas cuerpos estraños que contiene la arcilla. En la seccion correspondiente se describen estos aparatos.

Moldeado comun del ladrillo.

Preparada la arcilla, se pasa á moldear el ladrillo ó baldosa, lo cual se verifica en bastidores ó marcos de madera, llamados *gradillas*, que tienen las dimensiones del largo y ancho del ladrillo, y algo mas por la contraccion que ha de producirse despues de seco y cocido; los moldes y la arcilla preparada se colocan sobre mesas.

La madera dura es preferente para moldes por ser los de hierro demasiado pesados y frios al tacto en el invierno. Tambien se hacen las *gradillas* chapeadas de hierro ó con cantoneras, y de este modo se consigue que no sean tan pesados como de hierro macizo, y pueda cortarse el ladrillo sin estropear el molde. Estas gradillas suelen ser para un solo ladrillo, pero tambien se hacen dobles de dos celdillas; tienen *orejas* para poderse manejar que son generalmente los estremos salientes de los lados mayores del bastidor, los costados menores se ensamblan á ellos. Se colocan las mesas de los moldeadores debajo de cobertizos, provistas de una vasija con agua, y un cajon con arena fina y seca. Los peones trasportan cada viaje arcilla preparada para poder moldear unos cien ladrillos. El moldeador espolvorea la mesa con la arena, coloca el molde, le espolvorea tambien por sus costados interiores, y va echando pelladas de arcilla hasta llenar este; iguala y maciza con la mano la superficie y pasa el *rasero*, que es una regla gruesa de madera fuerte ó de hierro, el cual moja para que no se pegue la arcilla. Verifi-

cada esta operacion, un obrero trasporta el molde y le vuelca con cuidado en el *secadero*. Antes de echar el barro en el molde se lava este.

Un moldeador práctico moldea al destajo 800 á 1,000 ladrillos por hora.

En Inglaterra el moldeado comun se verifica de un modo análogo. Echada la arcilla en el molde y pasado al rasero, se coloca una tablilla en la cara superior de aquel, se vuelve y coloca en un carretoncillo que desde la mesa de moldear corre sobre un pequeño camino de hierro colocado sobre largueros, empujando estos hasta que hay un cierto número. El ayudante ó ayudantes los llevan al secadero, poniendo otra tablilla en la cara superior del molde para que no se estropee el ladrillo al volcarse.

En España se van adoptando los medios de moldear espuestos, pero tambien se suele verificar en *era* en vez de hacerlo en mesa; es decir, sobre el suelo, en el sitio en que han de quedar para secarse. Este medio es mas molesto é imperfecto.

Fabricacion de ladrillos en Alemania y su colocacion.

En Alemania se emplea mucho el ladrillo en la construccion de edificios, dejando sus paramentos al descubierto; así es que se esmeran mucho en su fabricacion, y ademas los raspan, barnizan y pintan.

En Munich, Berlin y algunos otros puntos mezclan para una parte de arcilla fina blanca, una de arena cuarzosa y media de arcilla roja; tambien suelen mezclar una parte de arcilla, una de tierra de alumbre, una de creta, una de arena cuarzosa, ó solo la arcilla primera y una parte de arcilla roja.

Tambien se emplean otras sustancias para dar color al ladrillo, como el vidrio molido, cenizas de plomo, etc. Se mezclan íntimamente todas las materias por medio de un rodillo ó molino, y se tamizan despues por un cedazo fino; se deslien con agua y se vuelven á amasar con el rodillo.

Figuras 92, 93, 94, 95 y 96.

Despues de moldeado el ladrillo y secado al aire durante algunas semanas, se mete en una prensa formada de paredes de palastro grueso con un tornillo de presion de madera, segun indica la figura 92, proyeccion vertical; la 93, proyeccion horizontal, y se cortan las caras de paramentos con unas cuchillas de acero anchas, delgadas y muy cortantes, representados figuras 95, 96 y 97.

Para evitar la porosidad que resulta en las caras, se alisan despues con una hoja de acero pulimentada, mojada en una disolucion algo clara de la mezcla que ha servido para fabricar el ladrillo, pasándole varias veces para que las aristas queden bien cortadas. Se coloca el ladrillo despues sobre un molde de tres paredes, chapeado de metal, y se perfila con el cuchillo. Cuando los ladrillos tienen

ormas de moldura, se colocan entre dos plantillas ó terrajas cuya forma sea el perfil de estas, y se recorta lo mismo, teniendo cuidado en todo caso de contar al hacer estos moldes con el esceso que deben tener por la contraccion que esperimenta el ladrillo. Así preparados se cuecen.

Para aplicar los colores despues de cocido el ladrillo, se emplea con 10 partes en peso de barniz las siguientes mezclas:

Para el violeta oscuro..........	1/2	de peróxido de manganeso.
Mas claro....................	1/4	id.
Verde.......................	1/4	cenizas de cobre.
Azul claro..................	1/40	óxido de cobalto.
Amarillo claro...............	1/2	óxido de antimonio.

Al tratar de las tejas se describen varios barnices aplicables al ladrillo.

Tambien se usan para aplicar en obra el color polvos de ladrillo rojo con agua de potasa.

Ladrillos fabricados sin agua.

El agua solo puede considerarse como auxiliar para facilitar la fabricacion del ladrillo, en razon á que despues de moldeado se hace evaporar por la desecacion y coccion. Se obtienen ladrillos de muy buena calidad, pulverizando la arcilla y sometiéndola pulverizada á una gran presion en moldes de hierro, despues de secada en horno continuo y cocida en crisoles.

Ladrillos flotantes.

Antiguamente se hizo uso de ladrillos flotantes, y el naturalista Fabrony indica su fabricacion por medio del agárico mineral ó harina fósil, abundante en Toscana, compuesta de 55 partes de sílice, 15 de magnesia, 12 de alúmina, 5 de cal, 1 de hierro y 14 de agua. Esta composicion es infusible, tiene un peso específico menor que el del agua, no se altera por las influencias atmosféricas, y une bien con los morteros; pero es poco ductil, y hay que mezclarla con arcilla en la proporcion conveniente para que no altere su propiedad principal de ser mas ligera que el agua. Tambien se emplea como sustancia refractaria.

Ladrillos impermeables.

En 1851 sacó patente Work en Inglaterra para fabricar ladrillos impermeables; su procedimiento consiste en introducir los ladrillos comunes en aceite de ballena mezclado con acetato de plomo en la proporcion de mitad de cada cosa.

Tambien propuso Solvester hace algunos años para el mismo objeto una disolucion de 0,6 kilógramos de jabon disuelto en 4 li-

tros de agua, con la cual se daba al ladrillo dejándole secar veinte y cuatro horas, y dándole nuevamente con una disolucion de 42 kilógramos de alumbre disuelto en 16 litros de agua.

En Inglaterra se fabrican ladrillos con mezcla de arcillas y otras sustancias, y suelen preferirse á la mampostería y aun á la sillería por la gran resistencia que tienen, tanto para los esfuerzos que sobre ellos actúen, como para la accion atmosférica, ademas de sus cualidades refractarias. En los parajes húmedos tambien parece ha probado la esperiencia que resiste bien. Ladrillos ingleses.

El material de estos ladrillos consiste en la mezcla de arcilla, de carbon mineral, cenizas del mismo, carbon vejetal y sus cenizas; piedras pulverizadas, tierras calizas, potasa, barrilla, arenas de todas clases y otras sustancias alcalinas y materias colorantes; todo pulverizado y amasado con la arcilla en las proporciones convenientes segun la calidad de los diversos materiales. La coccion se hace generalmente con el carbon mineral en pilas segun se esplicará.

Ladrillos huecos.

En las construcciones modernas van adquiriendo mucho uso los ladrillos huecos. Los primeros que consideraremos serán los representados por una seccion longitudinal, figura 99, y por otras dos trasversales 100 y 101. En la antigüedad se emplearon esta clase de ladrillos ó tubos cerrados, como lo prueban los restos de varios edificios de la India.

Los romanos los usaron, pues pueden considerarse en esta clase las *anforas*, ó vasos de barro que aplicaban en varias construcciones. En castillos antiguos de Alemania se han encontrado tambien formando bóvedas y suelos. En Francia empezaron á usarse á principios del siglo XVIII, y en 1826 se construyó la gran bóveda del teatro Francés, y el suelo del salon principal del Palacio Real; y despues en la cámara de los diputados, y teatro de la Opera.

En España se han construido con tubos de esta clase el piso del puente de hierro de Sevilla.

Son estos ladrillos de gran utilidad para formar suelos incombustibles y lijeros, colocados en cuadrículas de hierro, segun se describe en la obra de Eck. Tambien tienen aplicacion para formar los pisos acústicos de los sitios en donde se colocan las orquestas de los teatros; en fortificaciones para amortignar el efecto de los proyectiles y otros varios usos.

La figura 99 es la seccion longitudinal de un ladrillo tubular. La seccion trasversal puede ser rectangular, figura 100; poligonal ó cir- Figura 99, 100 y 101.

cular, figura 101; se hacen estriados para que agarre bien la mezcla; su longitud viene á ser desde 9 á 22 centímetros de diámetro y 12 á 24 de longitud con 2 centímetros ó mas de grueso; sin embargo de que en cada caso pueden fabricarse de las dimensiones que se crean á propósito, su diámetro superior es algo mayor para que puedan sostenerse como dobelas. Están cerrados por uno ó ambos estremos, dejando agujeros para que salga la humedad cuando se cuezan.

Para fabricar á mano éstos ladrillos se amasa bien la arcilla, como se esplicó para los ladrillos comunes, y se lleva al torno de alfarero, que se describe al tratar de los aparatos y máquinas de fabricar; la arcilla se coloca sobre la roldana, y el obrero hace girar el eje del torno, y va formando el tubo, teniendo cuidado de mojarse las manos de tiempo en tiempo. Para cerrar el tubo dobla poco á poco los bordes superiores hasta juntarlos en el centro. Para hacer las estrias pasa el peine de hierro, haciendo girar el eje, al mismo tiempo. Con un hilo de laton separa el tubo del tablero y con un punzon de madera se abren tres agujeros ó mas de un centímetro de diámetro, el uno en el centro de la base y los otros en el costado y en el centro de la tapa; el superior se abre el primero para que no se baje la tapa por efecto de la presion del aire al verificarlo; se dejan estos agujeros como se indicó antes para que el aire interior dilatado no haga saltar los ladrillos al cocerse, como sucederia si no tuviese salida. Para secarlos se colocan como los ladrillos comunes.

Al tratar de los hornos se describe el empleado para la coccion de estos ladrillos.

Se han generalizado mucho en Francia é Inglaterra ladrillos huecos formados de celdas ó cavidades. En la esposicion de Lóndres de 1851 se presentaron de este género y la máquina para fabricarlos, ideada por Clayton, que se describirá en la seccion correspondiente. Haremos algunas indicaciones sobre estos ladrillos, cuya fabricacion se ha emprendido tambien en España, pero hasta ahora han tenido escasas aplicaciones.

Figuras 97 y 98. Las figuras 97 y 98 representan la seccion de dos huecos de chimenea, formados de cuatro ladrillos huecos ó de celdillas.

Figuras 102, 103, 104, 105, 106 y 107. Las figuras 102, 103, 105 y 106 representan ladrillos destinados para tabiques y muros. Las 104 y 107 para arcos y bóvedas. Los hay de mayor número de huecos, y tambien se hacen trozos para columnas huecas con sus paredes de celdillas.

Estos ladrillos son convenientes para evitar la humedad interior de los muros, por las corrientes de aire que se establecen, pueden conservar las habitaciones á buena temperatura, y ser mas ligeros

que los ladrillos comunes. Son mas costosos de fabricar; sin embargo es económico su empleo en construcciones, por su mayor tamaño y la economía que resulta en la mano de obra.

La preparacion de la arcilla para su fabricacion es análoga á la indicada para los ladrillos comunes.

En la *Memoria* sobre la esposicion de París de 1855, escrita por los ingenieros Sres. Valle, Echevarría y Mendizabal, se indica que fueron muy numerosos los espositores de ladrillos huecos, observando que en los construidos tanto en Francia como en Inglaterra estos huecos son pequeños en su seccion trasversal, siendo la cavidad de forma circular en los de Inglaterra y cuadrada en los de Francia.

En los del esponente Darnstad los huecos eran verdaderos aligeramientos divididos por tabiques, y los de Chambette tenian ademas estriadas sus caras para que agarre mejor la mezcla.

Contiguo al palacio de la esposicion se habia construido un pequeño edificio con ladrillos huecos.

Con los aparatos de Clayton, que se describirán en la sétima seccion, se fabrican con mucha facilidad esta clase de ladrillos.

Bloques artificiales.

Se pueden considerar como ladrillos de gran tamaño, y por eso los incluimos en esta parte, los bloques de arcilla propuestos por Berard (1), para sustituir en las construcciones hidráulicas á los de hormigon, particularmente en las obras marítimas. Estos bloques son análogos á los propuestos posteriormente por el mismo, indicados al tratar de las cales.

Veamos las condiciones que se ha propuesto cumplir su inventor, y el sistema que pone en práctica para satisfacerlas.

Las condiciones que deben llenar estos deben ser, primero, la de poderse construir en la proximidad de las obras, y que por su densidad y volúmen sean capaces de resistir á las olas, es decir, que deben tener unos 15 metros cúbicos de volúmen y una densidad indicada por 2,2; pero esta viene á reducirse á 2 próximamente, despues de sumergidos en agua salada; segundo, tener solidez suficiente para resistir al trasporte y colocacion y al rozamiento de las olas; tercero, resistir á las acciones químicas de las aguas de mar; cuarto, estar compuestos de material económico.

(1) *Tecnolgiste* 1853, y otras publicaciones.

La cal hidráulica es un silicato de cal en cierto modo al estado naciente, ó sin estar enteramente efectuada la combinacion química. Si un agente mas poderoso que la sílice, obrando como ácido, rompe este principio de combinacion, la cal libre puede pasar al estado de hidrato simple ó calcium de calcina, y entrar en disolucion, efecto que parece ser el producido en los bloques hidráulicos que se emplean actualmente. Si, segun espresa el inventor, en vez de un silicato de cal incompletamente formado, se emplea uno perfectamente determinado, y si ademas á la cal, base soluble, le sustituye la alúmina, base insoluble, se obtendrá un cuerpo inatacable por las aguas del mar.

Fundándose en este principio, emplea Berad la arcilla, que es un silicato con base de alúmina, haciéndola sufrir un principio de vitrificacion para determinar la combinacion completa de sus diversos elementos.

Los medios de que se vale para la fabricacion de estos bloques es sencilla. Coloca adobes de canto en el horno, alternando con el combustible, y algunas hiladas de ladrillos de canto, que sirven de parrilla, y convenientemente espaciados.

Una envuelta ó camisa de ladrillos, colocada á la distancia de algunos centímetros del bloque le rodea por todas partes; los huecos se llenan con carbon menudo, y tambien puede ponerse algo de el entre las capas de ladrillos de la envuelta, si esta es de ladrillos crudos; el fuego se coloca en la parte inferior del bloque. La contraccion que se produce por la coccion de los ladrillos y la combustion del carbon interpuesto, produce asientos y huecos que se rellenan á medida que se producen.

La camisa y el bloque se van subiendo sucesivamente hasta la altura que deben tener, y despues se cubre todo de una última capa de carbon y de varios gruesos de ladrillo, despues se tapan todos los huecos y se dejan enfriar. Para sacar el bloque se quiebra la camisa.

Se puede emplear una envuelta permanente de ladrillos refractarios y armadura de hierro, formando cajones unidos; el carbon interpuesto entre las hiladas de ladrillos puede reemplazarse por barras dispuestas alrededor de la camisa; el todo puede cubrirse con una bóveda móvil.

La ejecucion puede sufrir modificaciones; podrian construirse bloques mayores que los indicados, para muelles y macizos fuera del agua, sin soluciones de continuidad. Los esperimentos han dado bloques de gran dureza é inatacables á los ácidos concentrados.

Baldosas y azulejos.

Las baldosas son ladrillos mas delgados que los descritos, cuya forma mas general es la cuadrada; pero las hay tambien poligonales; su empleo mas frecuente es en el solado de pavimentos.

Las de buena calidad deben ser lo menos porosas que sea posible, para de este modo no permitir el paso al agua que cae en los suelos; deben ser suficientemente duras y compactas para resistir al rozamiento del tránsito. Para esto la arcilla ha de ser de buena calidad, el moldeado hacerse esmeradamente y la coccion ser completa. Las prensas para el moldeado tienen buena aplicacion en este caso. Condiciones á que debe satisfacer.

Todo lo indicado al tratar de los ladrillos relativamente á la preparacion de tierras, moldeado, desecacion y coccion es aplicable á las baldosas que no son mas que ladrillos delgados.

Las baldosas llamadas de *solar* tienen comunmente 27,7 centímetros cuadrados, y 2,5 á 3 centímetros de grueso; los baldosones son mayores que estas; los *baldosines* son mas pequeños, y las baldosas llamadas *sepulturares* son de doble magnitud. Cuando se cortan por la diagonal en forma triangular, tanto estas como los ladrillos, suelen recibir el nombre de *chuletas*. Dimensiones.

Se pueden hacer las baldosas con dibujos negros, dándolas con una capa de arcilla blanca, vertiendo sobre esta el líquido negro compuesto de 0,15 kilógramos ó 75 litros de zinc, con ácido sulfúrico 0,03 manganeso, y seco este se alisan las baldosas en un tablero de mármol, se secan y se cuecen. Al tratar del modo de fabricar ladrillos en Alemania se ha visto el modo de componer varios colores, lo cual es aplicable para las baldosas. Dibujos y colores.

Cuando se quieren hacer baldosas con mosáicos de arcillas de distintos colores, se coloca una chapa calada con el dibujo sobre la baldosa tierna todavía, se marca aquel pasando por lòs bordes una hoja de cuchillo, y se estrae la arcilla de la parte del dibujo hasta la mitad ó tercio del espesor, rellenando este hueco con arcilla del color adoptado; se corta despues un poco la superficie total para unir bien las arcillas. Tambien se deja el relieve del dibujo en el molde y queda en la arcilla el hueco; se cuece y se rellena este con yeso del color que se quiera, y agua de cola; despues de endurecido se pulimenta.

Los azulejos son baldosas con dibujos de colores barnizados. Su fabricacion es análoga á la del ladrillo, dándoles el barniz des- Azulejos.

pues de una primera coccion, como se verifica con la loza, y una segunda coccion para vitrificar el barniz.

Existen fábricas en Valencia, en Murcia, Onda, Alcora y algun otro punto.

El secreto de los barnices permanentes que empleaban los árabes se ha perdido.

Tejas.

Entre los materiales que se emplean para cubrir las armaduras de los edificios, los de uso mas general son las tejas llamadas de *barro* ó sea de arcilla cocida.

Tejas antiguas.

Segun Plinio, la invencion de las tejas tuvo orígen en Grecia; pero quizá los asirios las empleasen antes que los griegos, pues conocian la fabricacion del ladrillo. Los romanos las usaron tambien en los edificios, y las formas que las daban eran de dos clases; planas y de seccion trasversal, angular ó curva.

Las tejas planas que usaron los griegos y los romanos tenian, en el sentido de la pendiente del tejado, rebordes salientes; las colocaban á juntas encontradas, cubriendo las uniones por tejas de seccion curva ó angulares. En la parte inferior de la hilada sobre la cornisa, se apoyaban estas segundas en otra teja saliente, con adornos y relieves llamada *antefixes*.

Todavía se hace uso en Italia de las cubiertas de tejas planas, pero sin antefixes, y son análogas algunas de las clases que se describirán.

Tejas de España. Figura 108.

Las tejas, figura 108, de que se hace uso en Madrid y varias provincias de España, son las de forma abarquillada, algo mas estrecha por uno de sus estremos que por el otro; su longitud es de 26 centímetros próximamente, 13 centímetros de ancho y su grueso de 1 á 2 centímetros próximamente. En Andalucía y otros puntos las tejas son semicilíndricas; es un caño dividido en dos partes.

Al fabricar las tejas suele dárselas generalmente demasiado grueso: así es, que se aumenta de este modo el defecto principal de los tejados, que es su mucho peso. La colocacion de estas tejas se hace por hiladas en el sentido de la pendiente del tejado, volviendo sus concavidades hácia arriba, y otras hiladas sentadas con la concavidad en sentido inverso cubren á estas, y abrazan sus bordes. La inclinacion máxima de que no debe esceder la armadura de esta clase de tejados es de 26 grados.

En Italia se emplean las tejas, figura 109, como las que usaban antiguamente en Roma y Grecia, ya descritas; generalmente colocan sobre la armadura ladrillos planos ó baldosa con mortero, y sobre esta las tejas planas ó *tejole*, y sus bordes cubiertos con las *canali*: las dimensiones de los *tejoles* son en general de 89 centímetros sobre 50 de ancho por arriba y 20 por abajo; los rebordes 2 centimetros de salida y el mismo espesor próximamente. Los *canali* tienen la misma longitud que los anteriores, 23 centímetros de ancho por un lado y 16 por otro, y 2 de espesor. Estas cubiertas son pesadas, y para disminuir el peso han solido reemplazarse los *canali* por los mismos *tejoles* invertidos, suprimiendo la base de ladrillos; pero hay esposicion á filtraciones, y bajo este punto de vista son mejores las tejas *abarquilladas* empleadas en España, pues las aguas corren por el centro de las hiladas cóncavas con mas facilidad. Figura 109.

Hay tejas planas, las cuales son de uso muy general en Francia y Alemania, con un gancho del mismo barro, el que se asegura en listones de la cubierta, colocándose á hiladas encontradas, y recubriendo las tejas superiores los bordes de las inferiores. Este modo de asegurarlas está espuesto á que rompiéndose el gancho caigan las tejas, por lo que en vez de este medio, figura 110, se clavan, como lo indica la figura 111; la forma de estas tejas por la parte inferior segun indica esta figura, puede ser curva ó angular. Tambien están espuestos á filtraciones los tejados cubiertos por ellas, pues se introduce fácilmente el agua por las juntas. Tejas francesas y alemanas. Figuras 110 y 111.

Las tejas flamencas, figura 112, son en forma de *S*, que aunque pueden hacer algo mas ligeras las cubiertas, tienen, sin embargo. la desventaja de que es dificultoso el construir las vueltas bien regulares, saliendo con mas facilidad el agua por ellas que con las abarquilladas. Tejas flamencas.

Las tejas de reborde están representadas en la figura 113; pero creemos hay mas esposicion á las filtraciones por las juntas de estas, en particular con la última forma en que las aguas se acumulan al costado de cada hilada. Tejas de rebordes. Figura 113.

La figura 114 representa varias formas de tejas ideadas por Bruyere. Figura 114.

Dice Enry que en 1811 un italiano introdujo en Madrid una nueva forma de tejas cuadradas y con rebordes que presentaban todas las condiciones para formar buenas cubiertas; pero no se generalizaron. Estas tejas, figura 115, se colocan como se indica, poniendo una de las diagonales dirigidas en el sentido de la pendiente; cada teja tiene dos rebordes en un sentido en los lados contiguos, y en sentido inverso en los otros dos. Se recubren todas las tejas entre Figura 115.

sí enlazándose por medio de los rebordes, y de este modo no pueden penetrar las aguas por las juntas.

De todas estas formas se fabrican tejas en la Cartuja de Sevilla y otros puntos de España y se están empleando en los edificios del camino de hierro de Sevilla á Cádiz. Tambien se fabrican en otros tejares.

Con los aparatos de Clayton se fabrican fácilmente algunas de estas clases y de formas adecuadas para los caballetes y limas-hoyas.

Moldeado de las tejas.

Cuanto se ha dicho al hablar de los ladrillos y baldosas relativamente á la preparacion de las tierras y amasado de estas, se aplica á la fabricacion de las tejas; sin embargo, es necesario sea mas fina y homogénea la masa para que resulten poco porosas. Para moldear las tejas abarquilladas se forman tortas con la arcilla amasada y se echa sobre un molde alomado, espolvoreado con arena. La arcilla se estiende y amolda apretándola con la mano sobre el lomo, y se pasa el alisador de madera ó hierro. Concluida esta operacion, se corre el molde á una tabla, en la cual se coloca primero descansando sobre sus bordes longitudinales, y cuando está algo enjugada se coloca de pié, es decir, insistiendo sobre los bordes de la curva mas ancha.

Las tejas planas se fabrican como las baldosas ó ladrillos. Para las de vuelta en las de formas de *S* se hacen chapas con la arcilla sobre una mesa; despues se meten estas en un bastidor del tamaño de la teja desarrollada, en el cual se comprime y alisa la superficie; se saca de este y se coloca en el molde, y sobre él se adapta dicha chapa de arcilla para hacerlos tomar la forma indicada; los moldes pueden ser de hierro.

Pelouce indica el siguiente medio de fabricar las tejas, por el cual salen mas lisas y limpias que por el método de ponerlas á secar en el suelo, como se acostumbra en la mayor parte de los tejares.

El molde es de hierro, y para moldear la teja se coloca sobre una mesa inclinada como un pupitre, algo mayor que el molde; en el costado de este hay clavado un trozo de tela gruesa por uno de sus lados, arrollándose por el otro á un zoquete de madera que la mantiene estirada. La tela está mojada y espolvoreada de arena. El molde colocado sobre esta tela con el lomo hácia arriba se llena se pasa el rasero, el obrero recibe la teja en una tabla que sostiene con la mano izquierda, y otro obrero pasa la mano mojada sobre la superficie de la teja para alisarla, llevando sobre la tabla al secadero cuatro ó cinco reunidas.

Así como en el ladrillo puede haber el inconveniente, cuando e

demasiado prensado y liso, de que no agarren bien los morteros, en las tejas, al contrario, será muy ventajoso el prensado para hacerlas lo mas compactas, lisas y delgadas que sea posible, segun se ha indicado antes.

Colores y barnices.

Las tejas barnizadas, ademas de ser menos penetrables por la humedad, producen mejor vista. El barniz gris se compone de 50 partes de arena fusible ferruginosa, 30 de óxido de plomo impuro, 10 de cal carbonatada, 5 de vidrio, y 5 de minio calcinado. El barniz negro consta de 6 partes de arena ferruginosa, 20 de litargirio, 12 de cal carbonatada, 4 de óxido de hierro, y 4 de minio. El barniz amarillo, minio 20, arena silicea 10, cal viva 6, antimonio 2. Verde; minio 20, arena silicea 10, cal viva 6, cardenillo 4. Barniz azul; minio 30, arena silicea 5, cal viva 6, y óxido de cobalto. Todos estos barnices se emplean despues de estar cocida la teja. Tambien pueden servir para los ladrillos y baldosas.

En Holanda fabrican tejas de color gris oscuro, del modo siguiente:

Cuando creen estar bien cocidas y todavía enrojecidas por el fuego, introducen ramaje verde y húmedo dentro del horno, tapan bien los respiraderos con ladrillos y barro, y se deja así unos ocho dias para que el humo penetre en la teja, y es lo que produce el color gris.

En Valencia existen cúpulas con tejas cobreadas y plateadas, que se conservan desde el tiempo de la conquista. El secreto de estos barnices no es conocido actualmente.

Tejas presentadas en la esposicion de París de 1855.

En la esposicion de París de 1855 se presentaron gran número de modelos de tejas planas; pesaban 80 kilógramos por metro cuadrado de cubierta. Para evitar el escesivo peso de las planas sobrepuestas, se presentó otro sistema compuesto de hiladas horizontales de tejas rectangulares ó de figura de rombo colocadas diagonalmente, y cuyo peso por metro cuadrado era solo de 40 kilógramos.

Las fabricadas por *Marmartin* con moldes de fundicion y rosca de presion, solo pesaban 36 kilógramos por metro cuadrado, en el que entran 18 á 30 tejas segun la clase de estas.

Comparacion del peso de cubiertas.

El peso de cubierta con la teja comun viene á ser de 80 á 90 kilógramos por metro cuadrado. El de las de pizarra 17 á 18 kilógramos por metro cuadrado. El de zinc 7 á 8 kilógramos, por lo que se ve la gran desventaja que tienen las tejas de barro bajo el punto de vista de su peso.

Caños.

Usos y condiciones á que deben satisfacer.

Los caños ó tubos de barro tienen aplicacion para conducir aguas, para bajadas de letrinas, cañones de chimeneas, saneamientos de terrenos, etc.

Para la conduccion de aguas minerales deben ser inalterables, por los ácidos ó alcalis que contengan estas. Para reunir las condiciones necesarias, solo una buena pasta cerámica ó porcelana cumpliria el objeto; pero esta última seria muy cara: así es que solo se tratará de la pasta cerámica comun.

Se debe fabricar la pasta de modo que por una coccion fuerte adquiera mucha tenacidad, sin hacerse fragil, empleando gran presion para hacerla impermeable. Debe formarse de arcilla plástica de la mejor calidad con la arena precisa, para que no se hienda. La mezcla que parece mas conveniente es la de ocho partes de arcilla comun, una de arcilla fuerte y una de arena. Se ha observado que la arcilla de color amarillento teñida por el óxido de hierro conserva mejor el *vidriado*, operacion que se hace para que los caños de conduccion de aguas sean impermeables.

Fabricacion.

Los caños se fabrican à mano con el torno de alfarero que se describirá en la cuarta seccion, ó en almas de madera ó hierro cuando son de mucho grueso y magnitud; pero en la actualidad se usan mucho para este efecto varios aparatos con los cuales se pueden fabricar con economia y perfeccion; se describirán tambien en la seccion referida.

Despues de cocidos los caños pueden hacerse impermeables à una presion muy considerable que se supone por algun autor ser de 25 atmósferas, y aun hasta 40, cubriéndolos con el barniz ó vidriado.

Vidriado.

El *vidriado* de los caños, para hacerlos impermeables, suele formarse de feldspato reblandecido por la sosa y el borax. En general, el vidriado de la alfareria comun está compuesto de óxido de plomo, litargirio, minio, óxido de manganeso, óxido de cobre y el sulfato de plomo. Se *vidria* por inmersion, despues de cocerlos ligeramente para que la pasta tome consistencia. Las materias espresadas se pulverizan y disuelven para usarlas en agua con algo de vinagre.

Para que agarre bien el mortero hidráulico al emplearlos en las obras, se untan los estremos de los tubos con un barniz salífero, cuando se han secado lo suficiente.

Los caños para conduccion y bajadas reciben en Madrid el nombre de *seis*, de *ocho*, etc., segun tienen *seis*, *ocho*, etc., pulgadas de diámetro, incluso el espesor ó grueso del tubo. *Naranjeros* se llaman cuando su diámetro es pequeño, como el de una naranja aproximadamente. Clases de los caños.

Se fabrican generalmente en los alfares en que se hacen las vasijas de barro.

Desecacion de los ladrillos, baldosas, tejas y caños.

Se ha dicho anteriormente que despues de moldeadas las piezas se llevan á los *secaderos* ó *eras*, en donde se enjugan antes de meterlos en el horno para cocerse. Si se verificase esta última operacion conservando la arcilla una humedad escesiva, al reducirse á vapor el agua y abrirse paso por la masa, se cuartearian las piezas. Efectos de la desecacion.

Los *secaderos* ó *eras* consisten en cierta estension de terreno sobre el cual se coloca el ladrillo ó baldosa de plano, despues de sacado del molde, y cuando han adquirido ya alguna consistencia, pudiendo sostenerse sin doblarse ó romperse, se colocan de canto para que se aireen mejor. Descripcion de los secaderos.

Si el ladrillo es muy delgado y no puede sostenerse solo sobre sus cantos, se colocan apoyándose dos á dos por sus bordes superiores. De este modo tienen que colocarse las baldosas; las tejas comunes, se ponen primero sobre sus bordes mas largos, luego de pié; las de otras formas, como las baldosas. Los caños se colocan de pié.

La superficie del secadero conviene sea absorbente, pues de otro modo se encharcaria con el agua que suelta el ladrillo; por eso se hace generalmente sobre suelo de tierra, aunque tomando la precaucion de apisonarle é igualarle para que las piezas no se deformen. Con este objeto suele estenderse una capa de paja fina, la cual contribuye tambien á que circule mejor el aire y sequen mas pronto.

Segun el clima ó estacion, así debe disponerse el secadero. Es conveniente esté cubierto para preservar las piezas de la accion de las lluvias, la cual es mas perjudicial cuando los ladrillos están de canto. El sol escesivo tambien perjudica, contrayendo la masa y cuarteando las piezas, y para evitar este efecto se tienen que cubrir con arena ó paja. Para graduar del modo conveniente la sombra, se emplean pantallas de esteras.

El secadero se divide en secciones ó cuarteles de unos cinco metros de lado, se deja paso entre estos y se abren zanjas de circunvalacion por donde corran las aguas que sueltan las piezas.

Rejales. Cuando ya han adquirido estas la consistencia necesaria para que apretando con el dedo no haya impresion, se colocan unas sobre otras de canto, formando *rejales*, para que concluyan de secarse, dejando entre sí hueco suficiente para que circule el aire. No deben colocarse muchas hiladas sobrepuestas, porque en este caso podrian deformarse los inferiores ó caerse; ni deben irse sobreponiendo hasta cerciorarse que estas tengan la consistencia necesaria. En el sentidodel ancho no se suelen poner mas de cuatro ó cinco filas separadas entre si unos 8 centímetros, pues si hubiese muchas no circularia el aire. Para colocar estas filas se tiende una cuerda, y se van poniendo los ladrillos oblícuamente á la cuerda, por su canto mas largo, de modo que las filas trasversales que resultan son por consiguiente oblícuas respecto de la cuerda. La hilada sobrepuesta se coloca de modo que vayan apoyándose los estremos del canto de cada ladrillo sobre los estremos de dos inferiores; el espacio que dejan entre sí es solo el necesario para que pueda caber la mano al cogerlos. Por esta disposicion resulta que las cuadrículas que se forman entre los ladrillos, miradas por la parte superior, forman rombos. Los estremos del rejal suelen fortificarse colocando ladrillos alternados á ángulo recto.

Con el objeto de poder cubrir de noche ó cuando llueva cada rejal con paja larga ó esteras, se deja la hilada última de un costado mas baja que la del opuesto, y así pueden apoyarse formando un tejadillo inclinado.

Cuando hay que colocar varias filas de rejales, se dejan calles mas anchas entre ellos.

Las tejas, caños y ladrillos huecos se suelen secar en tablas que forman estantes bajo un cobertizo.

Repaso y batido. Al colocar las piezas de canto la primera vez, se repasan con un cuchillo, quitando las rebabas, desigualdades y cuerpos estraños que puedan haberse adherido á ellas. En el caso de que quiera obtenerse mas perfeccion, se *perfilan* y *baten*, operacion que consiste en golpear ó *bàtir* las caras con una paleta de madera. Tambien se verifica en una mesa golpeando el ladrillo ó baldosa primero por sus cantos y despues por sus caras mayores.

El *batido* suele hacerse en tres veces; la primera cuando empieza á tomar consistencia el ladrillo ó baldosa, la segunda cuando no recibe la impresion del dedo y la última cuando está ya mas seco.

Las piezas colocadas por la mañana en el secadero suelen estar por la tarde, haciendo buen tiempo, en disposicion de levantarse de canto, y así se mantienen tres dias, dejándolas despues un

mes ó mas tiempo en el rejal. Para conocer si está seco el ladrillo se parten algunos. El tiempo que tarden en secarse variará con la estacion y clima.

Cuando se hace con mas esmero el repaso y batido, se coloca el ladrillo sobre una mesa plana de piedra, de hierro ó de madera dura; sobre su cara superior se pone una chapa de hierro del tamaño del ladrillo ó baldosa y se recorta el escedente con un cuchillo corriéndolepor los bordes de la chapa. Tambien se emplea para este objeto la prensa descrita al tratar de la fabricacion de ladrillos en Alemania. Los caños despues de enjugadosse hacen rodar sobre untablero, y equivale al batido del ladrillo.

En vez de la segunda desecacion se ha solido emplear prensas de volante, de modo que metido el ladrillo ó baldosa en un molde y por medio de la percusion ó presion, espulsa el agua.

Para secar bien los ladrillos, tejas, etc. se ha practicado el colocarles en estufas, verificando gradualmente la desecacion; pero esta es mas cara, y en los paises cálidos no es necesaria.

SEGUNDA SECCION.

COCCION DE LOS LADRILLOS, BALDOSAS, TEJAS Y CAÑOS.

Indicadas ya las diversas operaciones que tienen lugar para la fabricacion de ladrillos, baldosas y tejas antes de la coccion, vamos á tratar de los hornos que se emplean para este objeto y de las circunstancias que deben tenerse presentes para verificar dicha *coccion*, que tambien suele llamarse *calcinacion* ó *quemado*.

Sistemas de coccion.

La coccion puede verificarse de dos distintos modos, una en hornos cerrados análogos á los de la cal, en los cuales el combustible está separado del material en hogar ú hogares especiales, y que puede llamarse sistema á llama, y otro en que se cuece el material formando pilas, mezclando con este el combustible. Estas pilas pueden ser al aire libre, es decir, sin construirse horno, y tambien dentro de hornos cubiertos ó sin cubrir.

Coccion á llama en hornos cerrados.

Todos los hornos para cocer el ladrillo, baldosas, tejas y caños, pueden considerarse como de calcinacion periódica, en razon á que estos materiales no se prestan como la cal á ser repuestos á medida que se saca el ya cocido sin interrupcion.

Hornos comunes.

Los hornos cerrados pueden construirse aislados ó adosados á los ribazos ó laderas; generalmente se practica una escavacion para colocar en ella los hogares abrigados de los vientos, y al mismo tiempo para facilitar la carga y estraccion del material, segun se indicó tambien al tratar de los hornos de cal.

Partes de que consta.

Un horno ordinario para quemar retamas y otros combustibles que producen mucha llama, consta de cuatro muros que se construyen como se indicó, al tratar de los de cal. Se cortan en ángulos rectos dos á dos, y en la parte inferior se ponen los hogares, llamados calderas ó fogones; los hornos pequeños constan generalmente de uno solo. Sobre los estribos del hogar se construyen arcadas de rosca, cuyo grueso suele ser el largo de un ladrillo, separadas de seis á ocho pulgadas; sobre estas roscas se forman los puentes que constituyen el piso del horno, y se unen tambien ladrillos de canto formando rejilla ó claros para que penetre el calor y la llama á la caja ú horno propiamente dicho, que es la parte en que se coloca el material. Estas arcadas y puentes seria convenientes construirlas de ladrillos refractarios; pero como no siempre puede hacerse, frecuentemente se hacen con adobes y morteros de arcilla, pues el de cal no resiste.

La parte de estribo comprendida entre dos puentes, forma un plano inclinado para que la llama ascienda con mayor facilidad á los claros laterales del piso.

Cuando el ancho del horno es algo considerable, puede arreglarse el fuego y distribuirse bien el calor con una sola boca de hogar, dividiendo en tres galerías el ancho del horno, y volteando tres arcos en el sentido del frente, que formarán cada puente, y paralelamente todos los demás separados, como se dijo antes. Los estribos se calan con arcos para poder introducir el fuego en los hogares laterales.

Cuando haya proporcion se pueden poner gruesos barrotes de hierro para formar la parrilla en vez de puentes de ladrillo. Esto podrá verificarse fácilmente en obras de caminos de hierro en que pueda disponerse de carriles de deshecho.

En los costados del horno hay dos portillos para cargar y para descargar: este último conviene esté al norte.

La boca de los hogares debe poderse cerrar y abrir á voluntad, y para ello se coloca una trampilla de hierro con goznes y pestillo en cada boca de estos.

Si se emplea leña que no produce tanta llama como las retamas, jaras, etc., se construye una parrilla de hierro sobre la cual se pone el combustible y ceniceros inferiores, con trampilla de corredera tambien de hierro. Esta parrilla es indispensable cuando se emplean carbones vejetal ó de piedra, y en este caso el número de hogares es mayor que cuando se quema leña. El emparrillado se hace de barras de hierro forjado de unos 2 por 4 centimetros de escuadra, apoyadas en otras trasversales que tienen muescas para este efecto, separadas de 2,5 á 3 metros entre si.

Para la coccion de ladrillos huecos y tejas suele formarse sobre los puentes un suelo de ladrillos refractarios si es permanente, y si no de los ladrillos comunes que se renuevan en cada hornada. Se forman de una primera hilada de ladrillos de canto en el sentido de la anchura del horno, separadas las filas 7 á 8 centímetros; sobre este la segunda hilada cruzándose en ángulo recto con la primera y con menos separacion entre las filas: la tercera hilada en diagonal y la cuarta de plano y con menos separacion, colocando los ladrillos en el sentido de la longitud del horno. Se forma este suelo para que solo penetre el calor y no la llama que podria perjudicar siendo mas delicados los objetos que los ladrillos comunes.

Cabida y gasto de combustible.

En general no puede escederse de una cabida de 100,000 ladrillos. Segun observaciones que hemos hecho en un horno comun de cabida de 16 á 18,000 ladrillos de $4,^{m}5$ en cuadro con treinta y seis horas de fuego y gasto de 250 cargas de retama ó taray, de á 100 kilógramos la coccion, era escelente. En hornos comunes de cabida de 30,000 ladrillos, empleando por combustible retama ó taray, duraba ocho dias la coccion y otros ocho el enfriamiento del horno.

Descripcion. Figuras 116 117 y 118.

La figura 116 representa la proyeccion horizontal, la 117 una seccion dada por *A B*, y la 118 por *C D* de un horno de los tejares próximos á Madrid para quemar combustible de mucha llama. La capacidad interior es de 5,40 metros por 5,25; la profundidad de 2,80 metros; el grueso de los muros *c* de 0,55 metros, el portillo *b* de 1,40 metros por 0,90, el hogar *d* de 0,70 de altura hasta los arranques, y 0,56 de ancho. La chimenea cuya entrada está en *r* de 0,20 de ancho: la rosca *l* del espesor de medio ladrillo.

Se construyen tambien los hornos de esta clase para cocer el la-

drillo mezclado con el combustible, y en este caso se hacen varias galerías pequeñas para ceniceros segun se indicará.

Sitnacion del horno.

Para mayor aprovechamiento del calórico y comodidad en las operaciones, se construyen estos hornos segun se indicó antes enterrados hasta cierta altura por tres de sus lados, y por aquel que deja descubierto se practica la boca del horno, teniendo cuidado de elegir este lado de modo que no le azoten los vientos reinantes del país. Cuando el terreno lo permita se elige una ladera, ó bien se hace una escavacion y se forman bajadas á las bocas del horno.

Materiales convenientes.

Las paredes de los hornos en contacto con el fuego cuando estos son permanentes, se construyen, si puede obtenerse sin gran costo, de ladrillo ó piedras refractarias; pero cuando no se verifica así, que es lo mas general, se hacen de adobes, pues empleando ladrillos cocidos, el esceso de calor los destruye. Esta pared ó *camisa* tiene que repararse con frecuencia.

Para evitar la pérdida de calor se pueden hacer paredes dobles rellenas en su intermedio, como se dijo al tratar de los hornos de cal y tomando las mismas precauciones para la elevacion de la fábrica y terraplenes, etc.

Los hornos nuevos deben secarse lentamente, encendiendo un fuego moderado antes de cocer en ellos el ladrillo.

Modo de cargar el horno y dar fuego etc.

La *carga* del horno exige ciertas precauciones, en particular cuando las piezas que se colocan son de formas ó tamaños distintos. como sucede cuando se cuecen juntos ladrillos, baldosas y tejas; sin embargo de que no es conveniente verificarlo, cuando se haga, deben colocarse las piezas de mayor tamaño en la parte inferior.

La primera hilada de ladrillos que se coloca para cocer, se pone de canto apoyándose sus estremos sobre los puentes. Los estremos de los ladrillos se dejan separados próximamente un centímetro. Las filas están separadas 2 ó 3 centímetros, para que pueda circular el calor entre ellas, dejando cada ocho ó diez hiladas una separacion mayor para arreglar el tiro. Las hiladas de ladrillo, baldosa ó teja se colocan cruzándose entre sí; solo se ponen de plano los ladrillos en la parte superior del hogar, y los próximos á las paredes.

La separacion entre los ladrillos no debe ser la misma en las diferentes partes del horno, debiendo quedar mayores en la proximidad de las paredes que en las del centro, y mayores todavía en la parte superior del horno en razon á la dificultad de que llegue el calórico á estos sitios; sin embargo, segun Petot, no debe esceder la relacion de estos espacios de 0,33 á 0,40 para obtener el mejor efecto útil de combustible.

Colocada la tercera ó cuarta hilada de las piezas, se da fuego, y luego se colocan las demas, cubriéndose en seguida la parte superior para concentrar el calórico, verificando esto con tejas y una capa de arcilla amasada. En esta cubierta se dejan chimeneas ó respiraderos, sin cubrir, para arreglar el tiro, siendo necesario cuidar de tapar durante la coccion aquellas que reciben viento demasiado fuerte, y cuando va terminando, ir tapando todos hasta que se enfrie el horno.

Ofrece dificultades el cargar el horno por tener que andar sobre las piezas colocadas, y para ello se ponen tablas; pero la práctica del hornero es la que hace estropear mas ó menos de ellas.

Concluido de cargar el horno se tapian los portillos con adobes ó ladrillos á tizon, y se reviste el paramento con una capa de arcilla para que no se desperdicie calórico.

Sobre los muros laterales suelen levantarse pilares para apoyar los cobertizos á dos aguas, que viertan á los costados; cuando sopla viento frio fuerte, se debe resguardar con pantallas el lado de que venga.

Se reconoce que está terminada la coccion cuando la llama sale sin humo y blanquecina; pero tambien en este caso la práctica del hornero es la que contribuye principalmente para dar el grado conveniente.

El fuego debe ser flojo al principio de la operacion, y prolongarse de este modo tanto mas tiempo cuanto mayor sea el horno y las arcillas mas fuertes: así es que cuando aquellos son de gran cabida, suele prolongarse este fuego lento hasta treinta y seis ó cuarenta horas y á veces mas. Si no se tuviera esta precaucion se deformarian las piezas, y aun se quebrarian; despues se va aumentando hasta darle toda intensidad. A la primera parte de la operacion se la llama *ahumar* ó *templar* la hornada. Tambien es necesario cuidar de sostener la intensidad del fuego lo mas igual posible en todas partes.

Otras formas y disposiciones adoptadas para los hornos.

Con el objeto de obtener mayor aprovechamiento del calórico y una coccion mas perfecta del ladrillo, se han ideado diversas disposiciones de hornos. Daremos á conocer las que han dado buenos resultados; sin embargo de que la complicada construccion de algunos no compensa muchas veces la mayor bondad de los productos obtenidos ó la economía de combustible, y su preferencia sobre los comunes dependerá de circunstancias especiales.

Los hornos se ha visto que están generalmente formados por muros que se cortan en ángulo recto, pues esta disposicion es la que mejor se presta para la colocacion del ladrillo; tiene la desventaja

de no distribuir bien el calórico en razon á los ángulos ó rincones que presenta. Con el objeto de aprovecharle mejor se suelen construir hornos cuyos muros son cilíndricos.

Asi como en los hornos de cal la forma, de elipsoide truncado ó la cónica se presta bien á la colocacion del material, en los de ladrillos, baldosa ó teja no puede tener tan buena aplicacion; sin embargo, se han empleado estas formas con el objeto indicado de concentrar el calor, evitando la menor pérdida posible de él.

Horno de Leonhard. Figuras 119, 120 y 121.

En Alemania se empezaron á construir hace bastantes años por Leonhardi, y se estendió su uso en Inglaterra, hornos para cocer tejas, representados en las figuras 119, 120 y 121. La primera es la vista esterior; *a* son las trampillas del cenicero y *b* las de cargar el combustible. La segunda es la seccion por debajo de la parrilla; *c* es el cenicero principal por donde se sacan tambien los ladrillos cocidos, despues de enfriado el horno y quitada la parrilla; *d* chimenea; *e* ceniceros laterales. La tercera figura es una seccion por encima de la parrilla; *b* son las capacidades en donde se coloca el ladrillo.

Despues de lleno el horno, se tabica el portillo que sirve para cargar, y se enciende el fuego con las precauciones generales para todos los hornos que se indican en el lugar correspondiente.

Horno cubierto de Carbille. Figuras 122, 123, 124 y 125.

Uno de los mas acreditados fabricantes franceses, M. Carbille, ha empleado con éxito para quemar carbon mezclado con el material el horno representado, figura 123, seccion horizontal sobre los hogares, 124 seccion vertical por *C D*, 122 id. idem por *A B*, suponiendo solo una mitad; 125 id. id. por la cámara *m* de la 124; *a* es el fondo del horno; *b* hogares con ceniceros debajo; *c* portillo para cargar y descargar el horno; *d* chimenea; *e* respiraderos que son cuatro en cada caja de horno; colocados en los ángulos; *g* abrazadera compuesta de largueros de madera de 0,^{m}25, que atraviesan los contrafuertes para impedir la separacion de las paredes por el calor; *h* contrafuertes; *m* cámara bovedada para paso.

En este horno se cocian 80,000 ladrillos á la vez, y se gastaba en cada hornada menos de dos hectólitros de carbon por millar, que es mas económico que el método ordinario.

Horno cubierto de Bonnet. Figuras 126 y 127.

El horno de Bonnet está representado en la figura 126, seccion vertical dada por el eje, y 127 que representa una parte de la planta, y otra parte de seccion por el hogar y parte superior del horno. El objeto de esta disposicion es la de aprovechar el calórico.

Hay tres hogares *a*; la llama se comunica por conductos radiales, dejando en medio de cada hogar *a* uno de estos conduc-

tos *j*, en el cual la llama canalizada parte del hogar al centro, y puede llegar á la pared por otro conducto *k*, sometida al tiro de la chimenea lateral *b*, colocada á un metro próximamente del suelo, y á mayor distancia del arranque de la bóveda *c*. Estas chimeneas sirven tambien para enfriar el horno despues de la coccion, lo que se hará en sentido inverso del modo ordinario, es decir, de alto abajo, despues de haber cerrado las salidas superiores.

Las bocas laterales tienen la ventaja de absorber, durante se enciende el horno, la humedad desprendida por el material colocado hasta su nivel.

El horno está construido de dobles muros, uno de mampostería y otro de ladrillo, entre los cuales se coloca hormigon refractario; las partes principales de que consta son las siguientes:

b, chimenea de llamada.

c, aberturas al arranque de la bóveda.

d, registro para cerrar á voluntad las aberturas.

e, puerta del horno.

f, cámara de servicio para el fogonero, á la cual se sube por las escaleras que se marcan.

g, galería de servicio.

j, canal del hogar al centro.

k, idem del centro á la chimenea lateral.

En 1846 obtuvo privilegio Ainshé en Inglaterra por la invencion de hornos cerrados para cocer ladrillos, compuestos de varios compartimentos reunidos y en comunicacion, de modo que el calor, despues de actuar en el primero, pasa al segundo, al tercero, etc.; así no se desperdicia calor, puesto que el que pasa al último compartimento seca y prepara el material para la coccion en los primeros. Horno de Ainshé.

Establecidos estos hornos, parece proporcionaban notable economía de combustible y de tiempo, como tambien mejor calidad de ladrillo.

La figura 128 representa una seccion vertical de dos hornos de esta clase, y la figura 129 la proyeccion horizontal de varios reunidos en menor escala. Las flechas indican el sentido en que circula la llama ó el calórico. Figuras 128 y 129.

En las figuras 130, 131 y 132 se representa un horno doble para la calcinacion de la cal y ladrillo. En el inferior *a*, se cuece el ladrillo, y el calor de este se comunica al superior *c*, en el cual está la cal, la prepara y se concluye de cocer, despues que se cuece el ladrillo; *b* es el hogar. Hornos sobrepuestos. Figuras 130, 131 y 132.

Las figuras 133 y 134 representan el horno descrito por Petot, Figuras 133 y 134.

de dos compartimentos; en el superior se puede secar bien el ladrillo con el calor perdido del inferior, en el cual se cuece; tiene este último 2,6 metros en su mayor diámetro, 1,m40 de boca, 2,m70 de altura. El compartimento superior 2m de mayor diámetro, 0,m80 de boca, 2,m30 de altura. *a b* es el radio de la curva que forma la pared.

La distancia entre la parrilla á la clave de las bóvedas que sostienen el ladrillo es de 0,m80 en el inferior, y 0,m70 en el superior; la altura de los ceniceros 0,m7 y 0m60.

Durante la coccion, la ventanilla del cenicero superior se tapa con un tabique de ladrillo, porque basta una sola entrada del aire frio para las dos parrillas, y se cierran las trampillas de descarga.

Terminada la coccion del ladrillo en el primer compartimento, bastan pocas horas mas de fuego para terminarla en el segundo.

En el compartimento superior podian cocerse 2,800 ladrillos comunes, en la inferior 6,200; el tiempo necesario para la coccion venia á ser de cuarenta y siete horas.

No describimos mas hornos dobles por ser el anterior uno de los que mejores resultados han dado.

Hornos para ladrillos huecos y tejas.

Los ladrillos huecos se cuecen en hornos análogos á los ladrillos comunes, segun se ha indicado al tratar de estos: suelen cerrarse por arriba con una bóveda de cañon seguido, dejando las respiraderos ó agujeros necesarios. Tambien se emplean para caños y tejas, en Inglaterra, hornos de cúpula, cubiertos con una bóveda esférica. Describiremos á continuacion algunos de estos.

Figuras 135 y 136.

En las figuras 135 y 136 se representa en planta y seccion vertical longitudinal, dada por *A B*, un horno empleado para cocer los ladrillos de forma tobular cerrada, que se describieron en la seccion correspondiente, y que tambien tiene aplicacion para cocer los caños y demas clases de piezas huecas.

Su planta es de la forma de un trapecio, terminado por un semicírculo; la seccion longitudinal es una bóveda elíptica, adosada á un cañon de chimenea. En la parte bovedada hay una parrilla *G*, sobre la cual se coloca el combustible con la trampilla *R* para introducirle, y debajo de la rejilla un espacio hueco para dar entrada al aire. El horno está embaldosado, la bóveda y costados están construidos con baldosas delgadas puestas de canto; se carga por la puerta *P*, que se cierra despues con ladrillo y arcilla.

Para evitar que el contacto inmediato con el fuego cuartee los ladrillos tubulares, se levanta al borde de la rejilla *G*, un tabique de ladrillo crudo, y los tubos se colocan como se indica en la figura. Con esta disposicion del horno se consigue igualdad de temperatu-

ra, pues el calor ascendente rechazado por la bóveda vuelve á bajar atravesando los tubos, saliendo por los huecos *v* que comunican con la chimenea, y si el calor es fuerte se gradúa por medio de la válbula *c*, colocada en el vértice de la bóveda.

Son necesarias mas precauciones para cocer este ladrillo, que en los comunes; pues se quiebran con mayor facilidad, por lo que el primer dia el calor del horno debe ser poco intenso para concluir de secar, aumentándole gradualmente hasta el cuarto dia, que se enciende el fuego fuerte; y cuando el combustible se ha reducido á brasa, se cierra la llave *c*, y se deja enfriar el horno. Al quinto dia se abre la puerta que se tabicó, y se sacan los ladrillos algo calientes todavía.

Del mismo modo que en los ladrillos comunes se distinguen los de coccion encarnada y blanca; los primeros son los menos cocidos.

Los hornos de cúpula que se construyen en Inglaterra, en las fábricas de tubos ó caños de barro para el saneamiento de terrenos, están representados, en planta, seccion vertical y vista esterior, por las figuras 137, 138 y 139. Su capacidad suele hacerse para poder cocer 30 ó 35,000 caños de 0,m045 de diámetro, los cuales se colocan verticalmente, apoyándose por los bordes. El tiempo que suele durar la coccion es de treinta y tres á treinta y cinco horas, y se gasta en cada hornada 4 toneladas inglesas próximamente de hulla; se descarga el horno á las veinte y cuatro horas de apagarse. Se construyen con ladrillos refractarios. Se cuecen tambien en ellos ladrillos y tejas. Suelen rodearse los hornos comunes en Inglaterra con una torre elevada que deja el espacio necesario entre ella y el horno; en su parte superior forma chimenea.

Fignras 137, 138 y 139. Hornos de cúpula.

Los caños de saneamiento se cuecen tambien en Francia é Inglaterra en hornos rectangulares de 9 metros de longitud, cerca de 3 de ancho y 4 de altura, cubiertos con una bóveda de cañon seguido. En cada lado mayor hay 8 aberturas para los hogares, que tienen 30 centímetros de ancho, por 80 de alto; en el costado está uno pequeño para cargar y descargar. El suelo del horno se forma, para colocar encima las piezas, con ladrillos ó adobes que se esceden una hilada sobre la parte superior de la abertura del hogar; con los ladrillos referidos de este suelo, se forman conductos que reunen los hogares, y se van estrechando las aberturas á medida que se elevan, hasta juntarse en la última hilada. El calor y el humo puede circular en el resto del suelo por los huecos. Encima de este se colocan los caños de pié. Se emplea por combustible leña ó hulla gruesa, que se echa en el suelo, pues no hay parrillas, y á medida que se consume, va recojiendo hácia el interior y aña-

diendo mas. Se calienta gradualmente, y dura la coccion cuatro ó cinco dias. Cuando hay de diámetros distintos, los mayores se ponen en la parte superior, ó bien se meten los mas chicos dentro de los mayores.

Tambien se cuecen en hornos circulares de poco mas de 3 metros de diámetro y de 2 de elevacion, hechos de paredes de arcilla de 1,2 metros de grueso en la base, y 61 centímetros por arriba. Estos hornos se construyen apisonando la tierra arcillosa que se emplee á medida que se elevan y se revoca con barro arcilloso. A la segunda hornada adquieren ya bastante consistencia estas paredes.

Coccion en pilas al aire libre.

Observaciones sobre este método.

El segundo método de coccion que se ha indicado, consiste en colocar los ladrillos en filas y en hiladas del modo que se esplicará, y con ellas mezclado el combustible. Por este sistema no se necesita construir hornos, ventaja que es muy apreciable en paises en que abunda el carbon de piedra, como sucede en Inglaterra y Bélgica, y tiene tambien la de poderse cocer grandes cantidades á la vez. Sin embargo, hay los inconvenientes de que el material sale mas desigual que en hornos cerrados y de que está espuesto á estropearse mucha cantidad.

Para la coccion de baldosas ofrece mas dificultades, y para la de tejas y caños no se presta tan fácilmente, y hay mas esposicion á la pérdida de material.

En España suelen llamar *hormigueros* á las pilas, y dagas á las capas del ladrillo.

Para cocer los ladrillos por este método empleando la hulla, se esplana el terreno y se dispone este con los desagües necesarios. Se traza un cuadrado ó rectángulo cuyo lado mayor no debe esceder generalmente de tres y media veces la altura que haya de tener la pila, y tres veces el lado mas pequeño.

Puede considerarse dividida en dos partes la operacion de cargar el horno; una es la de formar la base, compuesta de siete hiladas de ladrillos, y otra la colocacion del resto de la pila que se verifica despues de encendido el fuego, que se verifica al subir hácia la séptima hilada.

Colocacion del ladrillo y marcha de las operaciones.

El hornero va colocando los ladrillos de canto para la primera hilada, presentando sus caras al lado mayor del horno, y siguiendo la alineacion marcada con la cuerda; sobre esta primera capa se coloca la segunda tambien de canto, normalmente á la primera, cor-

respondiendo dos de estas en la longitud de un ladrillo inferior; la tercera capa se coloca normal á la segunda.

Concluidas estas tres capas, se echa la hulla en fragmentos pequeños en los huecos que forman los ladrillos, y despues se dispone la cuarta hilada ó capa de ladrillos juntos unos de plano y otros de canto, como se ve en la figura 140 que representa la vista de una parte de pila próxima al ángulo. Al colocar las hiladas van dejándose los hogares á continuacion de las hiladas inferiores, como se indica en la figura, y concluida la cuarta hilada se pone en los huecos que se dejan á ambos lados paja y haces en el sentido de su longitud, y encima de esto una capa de hulla lo mas gruesa posible que permitan los huecos, y sobre toda la hilada se estiende una capa poco espesa de hulla menuda acribada. Colocada la quinta hilada cruzada en la cuarta, se acaba de rellenar los hogares con hulla gruesa, macizándolos bien para que la combustion sea igual. Figura 140.

La sesta hilada cierra los hogares. En su parte superior se colocan dos ladrillos de plano que forman el techo, como indica la figura; despues de estos se coloca de canto el resto de la hilada de los paramentos en sentido oblícuo respecto de él, escepto hácia los ángulos que se colocan cruzándose en el sentido de los paramentos. En el interior se ponen tambien de canto, pero cruzándose con la hilada inferior. Los hogares *a* se dejan cada cuatro ladrillos á lo largo; sobre esta hilada se dejan dos ó tres chimeneas correspondiendo sobre los hogares, del tamaño de un ladrillo á lo largo.

En la séptima hilada se coloca una fila á lo largo en cada paramento de la hornada, y en los ángulos dos ladrillos de plano, detrás de las líneas de guarnicion tres filas de canto, y el resto cruzándose con la hilada inferior: en esta hilada se continúan los huecos de las pequeñas chimeneas.

Antes de encender el fuego, se forman delante de las bocas de los hogares unas cámaras, figura 141, que suelen hacerse de adobes. Se enciende generalmente de noche para poder ver mejor el efecto, dejando pasar unas diez y ocho á veinte horas antes de proceder á la construccion de la segunda parte de la hornada. Pasado este tiempo y bien encendido, se cubren las chimeneas que se han dejado en el interior, y las bocas de los hogares con adobes y barro, protegiendo tambien para concentrar el calor las paredes del macizo con paja y tierra hasta la altura de los hogares. Figura 141.

Sobre la parte de la sétima hilada que ocupan los hogares solamente se estiende una capa de hulla menuda, colocándose una fila de ladrillos de canto de cada lado á lo largo; los paramentos se for-

man con tres filas, y en los centros se colocan los ladrillos, cruzándose con la fila inferior. La distancia entre los ladrillos debe ser tal que no se toquen ni estén muy apartados. En la novena hilada los ladrillos de los costados deben estar á lo largo, y lo mismo que en las demas filas se refuerzan con otras tres líneas, tambien á lo largo y en los centros se cruzan con los inferiores.

Se coloca la décima capa ó hilada cuando ya el fuego llega á la octava, echando una capa de hulla menuda sobre la novena, debiendo cuidarse de arreglar los asientos que se produzcan en el material. La cantidad de carbon que se estiende sobre las distintas capas depende de la actividad de la combustion, y lo mismo sucede respecto de la separacion entre los ladrillos. El espesor de la hulla que se coloca en cada capa no escede generalmente de 2 á 3 centímetros.

Las capas de combustible suelen ponerse unas veces alternando con cada hilada, desde la sétima á la décima, y despues de esta cada dos hiladas; otras veces empezando en la tercera hilada y alternando cada tercera capa; otras se hace alternar cada hilada de ladrillos con las de combustible, disminuyendo desde cierta altura su espesor. Estas disposiciones dependen de la cantidad del material y práctica del hornero.

Antes de colocar la décima capa se enlodan las paredes del horno, y se repasa el combustible echando algo de arena si el fuego es demasiado intenso. Presenta en los paramentos del horno una doble fila de ladrillo á soga, colocados de canto, y el resto cruzándose con la inferior, como las anteriores. A las paredes del horno se las dá un talud, el cual se forma retirando sucesivamente los ladrillos de las diferentes hiladas. Cuando es grande la hornada se colocan torna-puntas, ó contrafuertes del mismo ladrillo. Tambien se tiene el cuidado de poner esteras colgadas en perchas ó caballetes que abriguen todos los lados del horno, quitándose estas pantallas cuan el fuego está en actividad y no hace viento.

La última hilada de ladrillos se cubre de una pequeña capa de hulla y se enloda bien, poniendo ademas ladrillos de plano enlodadas sus juntas.

No es conveniente cocer en una hornada sino la misma clase de objetos y de las mismas dimensiones; generalmente una hornada de doscientos mil ladrillos exije de ocho á diez dias.

Debe cuidarse que la combustion se sostenga con la igualdad posible, para lo cual se abren ó cierran convenientemente las bocas de los hogares cuando el fuego ha consumido las primeras capas del combustible. Concluida la operacion es mejor dejar enfriar toda

la hornada antes de sacar los ladrillos. En general, los ladrillos del centro son los mas cocidos.

Para los hornos abiertos la hulla seca y magra parece ser la mas conveniente ó la de calidad media. La hulla grasa debe emplearse con precaucion. La hulla bituminosa podia convenir para hornos cerrados, dirigiendo el fuego convenientemente, y para estos no conviene la hulla grasa, como no sea reducida á coke, pues de lo contrario pueden estropear la hornada los gases que desprende. Calidad de los combustibles: consumo de este.

En la obra de Clere sobre el arte de fabricar ladrillos con carbon de piedra, publicada en 1828, se encontrarán todos los detalles necesarios.

El gasto de combustible es, segun Clere, algo mas de un hectólitro de hulla, ó en peso 115 kilógramos por millar de ladrillos, debiéndose añadir el consumo en los hogares que viene á ser de 45 hectólitros de hulla gruesa para cien mil ladrillos, y las retamas, leña y paja. Estas cantidades variarán con la calidad del combustible y el del material que se cueza.

Hornos permanentes para cocer el ladrillo, baldosas ó tejas en pilas.

Para cocer las piezas mezcladas con el combustible, en vez de hacerlo en pilas al aire libre, sobre el terreno natural se construye un suelo permanente cuando hay que fabricar gran cantidad. Este es como el de los hornos comunes, solo que las galerías que atraviesan el horno para dar fuego, tienen solo 40 ó mas centímetros de ancho por 50 de alto, separadas un metro próximamente entre sí. En los ángulos se construyen contrafuertes.

Sobre este suelo se forma, primero, el pié de la hornada con ladrillos bien cocidos, los cuales se ponen de plano á lo largo de los hogares inferiores, para formar los que sirven para llenar de combustibles, el resto se pone de canto, cruzándose en ángulo recto.

Cuando hay tres hiladas de canto se echa carbon grueso y leña en los hogares, y se cierran estos á la quinta hilada, como los construidos al aire libre; se cubren con una capa de carbon, y se pone encima la última capa de ladrillos que terminan el pié.

Concluido este se prende fuego, echando leña, retama, etc., en las galerías para que prenda el combustible de los hogares superiores, y se empiezan á colocar las piezas que se han de cocer; si son ladrillos de canto, y cuando no tiene caja el horno se colocan de plano los del aro ó perímetro, que se van enlodando á medida que se suben las hiladas.

Cada tercera hilada se pone carbon, y en ella los ladrillos mas juntos (unos 27 milímetros), para que no caiga á las hiladas inferiores, y se estiende una capa general de unos 14 milímetros de espesor, de carbon muy menudo cribado.

Los asientos en la parte central son mayores que hácia los paramentos, lo cual hace que tenga el hornero que arreglar los ladrillos. Se tarda ocho ó diez horas en prender la hornada, y veinte á veinte y cinco en cocerse una de 400,000 ladrillos.

Concluida la hornada se cubre con tierra arcillosa. Cuando amenaza caer algun trozo de los costados, se pone una plancha y tornapuntas. Los obreros que colocan el material tienen que relevarse cuando ha prendido el fuego, pues es muy molesta la operacion.

Para economizar combustible y que salga mas igual la coccion, es conveniente tenga caja el horno; que puede ser de las mismas formas que los hornos comunes, y aun mejor cubiertos con bóveda como el descrito de Carbille, los de cúpula, etc. Tambien se hacen en Inglaterra cilíndricos, con cobertizo y un hogar anular en el fondo, con tres ó cuatro entradas por las paredes.

TERCERA SECCION.

OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LOS LADRILLOS, BALDOSAS Y TEJAS.

Influencia de la colocacion del ladrillo en el horno.

Los ladrillos, baldosas y tejas adquieren distintas calidades, segun sea su colocacion en el horno. Cuando aquellos están próximos al hogar de los hornos cerrados, salen mas cocidos y duros, adquiriendo color blanquecino. Los de la parte media del horno son menos fuertes y presentan el color rosado, y los de la parte superior mas encarnados, que son los menos cocidos, segun se ha indicado al hablar de la clasificacion del ladrillo.

Influencia de la calidad de la arcilla.

Pero no deben confundirse estos colores con los que adquiere el material, y provienen de la composicion de la arcilla. Cuando esta es ferruginosa y se eleva demasiado la temperatura, particularmente al principio de la coccion, el color amarillo ó azulado que tiene en su estado natural se convierte, por efecto de aquella,

primero, en color rosado, despues en rojo mas oscuro, y por fin en negro. El volúmen del material vá aumentando tambien hasta la mitad de la coccion próximamente, contrayéndose despues hasta la vitrificacion, del centro á la superficie.

Influencia de la manipulacion de la arcilla y de la densidad del ladrillo.

Segun Sganzin, de la esperiencia hecha con dos ladrillos del mismo grado de coccion y secados del mismo modo, resultó que el que estaba bien amasado pesaba, despues de cocido, 12 kilógramos mas que el amasado ligeramente, perdiendo ambos 0,15 kilógramos de peso por la coccion. Habiendo colocado estos, despues de cocidos, sobre un hierro cortante, de modo que el ladrillo se apoyaba por su mitad en él, y puestos pesos en ambos estremos de este, el bien amasado se rompió con el peso de 318 kilógramos en cada estremo, y el mal amasado con solo 17, equivalente á 636 kilógramos para el primero, y 34,2 para el segundo, cargados en su mitad.

El ladrillo muy denso por haber ejercido gran presion sobre él al fabricarle, es muy compacto y menos á propósito para que agarre el mortero, pero es mas resistente y pesado; esta última circunstancia hace tambien sea mas caro el precio de trasporte. Calculada la fuerza máxima á que debe resistir en las construcciones el ladrillo, no habia necesidad de hacerle mas denso ó resistente que para sufrir á ellas; podria conciliarse su gran densidad y el poder unir á los morteros, haciendo la superficie con asperezas ó estrías.

Influencia del carbonato de cal.

Si el carbonato de cal es dominante en la arcilla, durante la coccion permanece esta de color blanquecino sucio, siendo fácil de vitrificarse en este caso, de la superficie al centro, por un esceso de coccion, efecto de que el carbonato es atacado por la sílice. Cuando contiene la arcilla fragmentos de piedras calizas, convirtiéndose estos en cal por la coccion, hace se esfolie el ladrillo que los contiene, cuando está espuesto á la humedad, por el aumento de volúmen de la cal.

Propiedades del ladrillo demasado ó poco cocido.

El ladrillo vitrificado es de mal uso para las obras, pues no agarra bien el mortero en él, y ademas sale generalmente alaveado; pero en sitios húmedos es de muy buena aplicacion por no absorber la humedad. El ladrillo crudo ó mal cocido tiene poca resistencia, y es muy absorbente y heladizo.

El ladrillo bien cocido absorbe $^{1}/_{7}$ próximamente de su peso de agua, siendo unas veinte y cuatro horas el tiempo que necesita para saturarse; esta circunstancia se verifica aunque no esté sumergido completamente.

La mayor ó menor absorcion del ladrillo se observa pesando este en seco y despues de haber estado sumergido en agua el tiempo necesario para que no absorba mas.

Resistencia á las heladas. Es útil conocer, en los paises espuestos á las heladas, si el ladrillo podrá resistir; esto se ve sometiéndole á un esperimento análogo al que se verifica con las piedras, es decir, á la accion de los esfuerzos producidos por la cristalizacion de una sal en el interior del ladrillo. La disolucion que suele emplearse es la de un kilógramo de sulfato de sosa en 0,7 litros de agua á 12 grados Reaumur, saturando este en frio para que no sean exagerados los efectos. Despues se mete el ladrillo en la disolucion, y se cuece durante media hora; se cuelga en seguida de un cordon ó hilo, y se ve si suelta algunos fragmentos ó si se esfolia ó agrieta. Si se cubre el ladrillo de agujas salinas, se mete en un vaso que no tenga la disolucion referida para que suelte las escenas que se forman.

Indicios de de la calidad. Indica la buena calidad del ladrillo, baldosa ó teja el que sea tenaz, duro, impermeable y resistente al hielo. La tenacidad y dureza se prueba golpeando un ladrillo, baldosa, etc., con otro, ó dejándole caer sobre un suelo duro; cuando se golpean deben producir un sonido metálico; espuesto á las heladas en sitio húmedo no debe esfoliarse.

La mala calidad que en general tienen los ladrillos que se fabrican en los tejares de las cercanías de Madrid y otros puntos, depende no solo de la mala calidad de la tierra que se emplea, siendo esta á veces salitrosa ó muy cargada de arena ó de tierra, sino tambien de la falta de cuidado en la manipulacion y coccion: asi es que se desmoronan aun con un pequeño golpe, y presentan la froctura coqueras, desigualdades y *caliches*.

El ladrillo y baldosa de la ribera del Tajo, que se fabrica en Toledo, Añover y otros puntos, es de escelente calidad, por la buena clase de arcilla que se emplea. Segun el análisis de esta, inserto en la *Revista de Obras públicas*, número 10, de 1854, resulta es una marga en cuya composicion entra el silicato de alúmina, el de magnesia, el carbonato de cal y de óxido de hierro.

En las riberas del Jarama tambien se fabrica ladrillo regular. Hay provincias que poseen buenas arcillas, y la fabricacion del ladrillo puede hacerse con éxito. Una de ellas es la de Sevilla, habiéndose establecido en la fábrica de loza de la Cartuja de dicha ciudad hornos y prensas que suministran muy buenas baldosas. En la provincia de Cádiz, tanto por la buena calidad de las arcillas como por los medios perfeccionados que se emplearon en la fabricacion, se obtuvieron ladrillos para el camino de hierro de Jerez al Puerto, de escelente calidad.

PESO ESPECÍFICO.

	Kilógramos.
Segun esperimentos hechos por los ingenieros del canal de conduccion de aguas á Madrid en 1854..............	1,589
Algunos autores dan..............................	2,17

Estos resultados dependen de la calidad del ladrillo.

PESO DEL METRO CUBICO.

	Kilógramos.
El peso del metro cúbico de ladrillos de las riberas del Tajo que se distinguieron en la clasificacion con el nombre de jaboneros, es de..............................	5204
El de froga....................................	3980

Tambien varía este peso con la calidad, influyendo igualmente el grueso.

Resistencia *de los ladrillos á la compresion.*

Autores.	Clase de ladrillo.	Carga de rotura. — Kilógramos por centímetro cuadrado.
Ingenieros del Canal de Isabel II.	Ladrillo de hilillos...........	98
Idem..........	Idem de San Agustin.........	102
Gauthey.......	Ladrillo duro...............	149
Rennié........	Ladrillo de Hammersmith.....	71
Rennié........	El mismo muy cocido.........	102
Rennié........	Ladrillo amarillento..........	40
Vicat..........	Adobe.....................	33

Resistencia *del ladrillo á la estension.*

Autores.	Clase de ladriio.	Carga de rotura. — Kilógramos por centímetro cuadrado.
Coulomb.......	Ladrillo de Provenza, bien cocido....................	19
Tredgold.......	Ladrillo ordinario bien cocido..	19
	Ladrillo mal cocido.........	8

Tiempo empleado en las diversas operaciones.

Para un millar de ladrillos de 22 centímetros de longitud, 11 de ancho y 5,5 de canto, se necesita (esperimentos de Hageau).

4 horas de un peon para estraccion y trasporte de la tierra, suponiendo próxima esta (1,75 metros cúbicos).

3,75 horas de un peon para amasar.

1,25 horas de un taller compuesto del maestro y ayudante, dos moldeadores, dos peones para colocar en era, y dos para conducir.

1,25 horas de dos operarios para repasar, batir y colocar en el rejal.

0,63 horas de un hornero, dos operarios para arreglar los ladrillos y carbon, seis peones para conducir y dar los ladrillos, y traer el carbon.

Ademas el tiempo que se tarde en cocer, que ha de vigilar el hornero, y la descarga.

CUARTA SECCION.

APARATOS Ó MAQUINAS PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS, BALDOSAS, TEJAS Y CAÑOS.

Los aparatos para fabricar las piezas que se indican en el encabezamiento de esta seccion, pueden tener por objeto el preparar

las tierras, el amasar ó el moldear las piezas, y tambien el de perfilarlas ó recortarlas. Las destinadas al moldeado son muy numerosas, como se ve en los privilegios de invencion concedidos en Inglaterra, Francia, Alemania y Estados-Unidos; sin embargo que muchos no han tenido aplicacion ventajosa.

En todos ellos se ha tenido por objeto, bien sea el economizar mano de obra ú obtener mayor cantidad de productos, ó el conseguir que estos sean de mejor calidad, ó ambas cosas á la vez; sin embargo, la complicacion de los aparatos en algunos casos ha hecho que no se consigan estas ventajas sin gran coste de establecimiento ó de reparaciones.

La diversidad de sistemas de los aparatos ha hecho necesario clasificarlos ó agruparlos de algun modo; así es que Brogniart en su *Tratado de artes cerámicas*, indica la division siguiente: Clasificacion.

1.° Máquinas que imitan el moldeado á mano.
2.° de rotacion contínua.
3.° de moldes que cortan el ladrillo.
4.° de hilera y cuchillos, ó alambres que cortan los ladrillos despues de moldeados.

Hay, sin embargo, aparatos que no pueden clasificarse convenientemente en la division anterior, y por esta causa hemos adoptado otra, teniendo presente la disposicion de los moldes como parte principal del aparato, y el modo de ejecutarse las operaciones. Esta, aunque no satisfaga completamente en algunos casos, da al menos una idea algo mas clara de la disposicion de los aparatos referidos.

Distinguiremos primero los aparatos para preparar ó amasar la arcilla; en segundo lugar las modificaciones de los moldes comunes, ó sean las mejoras del moldeado á mano. En tercer lugar clasificaremos las prensas para condensar el ladrillo. En cuarto, las máquiquinas ó aparatos para moldear, de platillos ó plataformas horizontales. En quinto, de moldes en cilindros giratorios. Sesto, de cajas ó depósitos con émbolas ó hélices de repulsion, sean horizontales ó verticales, en cuya clase están las mas modernas. En ellas se obliga á salir la arcilla por las aberturas que constituyen los moldes.

Por último, los aparatos para perfilar el ladrillo.

Los aparatos de preparar y amasar son en general capacidades ó toneles en donde se tritura ó amasa por medio de brazos y cuchillas giratorias.

Las prensas pueden ser de rosca y volante, hidráulicas, etc. en las cuales por la bajada del contramolde se verifica el moldeado

prensado ó perfilado del ladrillo, baldosa ó teja, haciendo correr este despues para sacarle, ó impeliéndole por la parte inferior; y si son tubos, obligando á pasar la arcilla por una hilera.

En la cuarta clase la arcilla cae de un tonel de amasar tolva ó depósito ó moldes inferiores, que pueden girar en un platillo, correa ó tela sin fin, para irse llenando sucesivemente, saliendo del moldepor medio de un repulsor, ó desprendiéndose al girar en las correas.

En la quinta, los moldes colocados en la circunferencia de un cilindro, se llenan, al girar se prensan ó cortan las piezas, desprendiéndose despues.

En la sesta clase impelida arcilla, pasa por aberturas ó cajas, saliendo moldeadas las piezas y cortandose al salir, del tamaño que se quiera.

Daremos la descripcion detallada de veinte y ocho máquinas y aparatos que dán á conocer los diversos sistemas, y que en su mayor parte, han tenido aplicacion conveniente; sin embargo, haremos tambien, al fin de la seccion, una reseña de otros varios, de que se han sacado privilegios de invencion.

En su mayor parte pueden verse los dibujos que representan en los *Brevets d'inventions*, que se publican en Francia anualmente. En el *Patent journal* y en el *Mechanical magazin* de Lóndres, y el que lleva el mismo título de los Estados-Unidos.

Muy numerosas son las máquinas y aparatos que se han propuesto para la fabricacion que nos ocupa; pero pocos de ellos, en nuestro juicio. reunen á la sencillez en su forma y fácil manejo las demas cualidades necesarias, como el aparato de Clayton, que se describirá.

Aparatos para preparar ó amasar arcilla.

Al tratar de la preparacion de la arcilla se ha esplicado el modo comun de verificarlo en los tejares. Con el fin de evitar lo penoso de esta operacion y al mismo tiempo obtener economías de jornales para producir la misma cantidad de material, se emplean ciertos aparatos.

Tambores ó cilindros.

El que la arcilla contenga piedrecillas ú otros cuerpos estraños seria perjudicial para fabricar los ladrillos, tejas, etc.; así es que àl amasarse la arcilla los operarios estraen estos cuerpos, que tambien perjudicarian á las máquinas empleadas en la fabricacion. En Inglaterra es frecuente el someter la arcilla, antes de amasarla, á la ac-

cion de dos tambores ó cilindros horizontales de fundicion, de unos 50 centímetros de diámetro, dejando entre sí un huelgo de unos 3 milímetros; pero esta dimension es variable. Encima hay una tolva llena con los terrones de arcilla, de ella cae por entre los cilindros y se prensa, pulverizándose los cuerpos estraños.

De aquí se pasa á la alberca para el amasado á brazo, ó á los toneles ó máquinas de amasar.

Cernedor de Whispples. Figuras 142, 143 y 144.

En 1855 se dió patente en los Estados-Unidos para un aparato cuyo objeto era la preparacion de la arcilla. La figura 142 representa la seccion longitudinal, la 143 la proyeccion vertical de un frente, y la 144 la seccion trasversal, normal al tambor.

El aparato está compuesto de un cernedor giratorio alrededor de un eje fijo, algo inclinado respecto de la horizontal. En este hay brazos de cuchillas que cortan y trituran la arcilla, la cual se introduce por uno de los estremos, y los cuerpos duros y piedrecillas van á parar al otro estremo.

El cernedor *h h* está formado de barras de hierro aseguradas en aros *B*, y estos á los radios *d*, *t*, ó bien puede sustituirse al enrejado una chapa con agujeros. Las varillas que forman el cernedor se aseguran por un estremo al eje; las riostras *n* unen los costados *h*; *e* son aspas colocadas en un pequeño tambor *E* en el eje *F*, las cuales tienen casi el mismo grueso de las barras del arnero. Pueden estas introducirse entre ellas, subiéndose ó bajándose á voluntad por medio de la articulacion *x*, para que las aspas actúen ó no en las barras, y hagan girar el tambor; *H*, poleas que por medio de correas ó cuerdas *j*, dan movimiento al aparato cuando se actúa en un manubrio colocado en el estremo de su eje; *b*, A *a* son las piezas del bastidor que sostiene el aparato; *D*, tolva para echar el material.

Cilindros de triturar.

En el *Portefeuille ecconomique des machines* de abril de 1858, se describe un aparato para moler la arcilla de modo que triture las piedrecillas y cuerpos estraños que contenga, ideado por Opperman y Vianne.

Consta de dos cilindros de fundicion, unidos por medio de dos ruedas con engranajes; estos cilindros tienen diámetros diferentes, y así el movimiento del uno es mas lento que el del otro. Hay una superficie, formada de palastro, que recibe la tierra y unos rascadores para limpiar los rodillos. Pesa el aparato 380 kilógramos y su costo es de 1,500 reales. Puede preparar unos 6 metros cúbicos de tierra al dia.

Tonel amasador de Clayton.

El aparato de Clayton para preparar la arcilla, que se moldea despues en el del mismo inventor que se describirá, consiste en un tonel de hierro fundido con un eje vertical y una rosca de Ar-

quimedes que, al girar, remueve y amasa la arcilla. Puede estar movida por caballerias ó máquina de vapor.

En este aparato se prepara bien la arcilla, y concluida la operacion se saca por la trampilla inferior para moldearse á mano, ó echarse al tonel de moldear. Para concluir de hacer una pasta mas homogénea, se ponen en estos mismos toneles rejillas de hierro por donde pueda salir la arcilla como por una hilera, en hilos del grueso que se quiera.

A falta de aparatos perfeccionados pueden emplearse toneles de madera ó noques de mamposteria, con un árbol y brazos análogos á los descritos.

Modificacion de los moldes comunes.

Molde de Maigret. Figuras 145 y 146.

Puede considerarse como una modificacion de los moldes comunes el aparato ideado por Maigret, representado por la figura 145, en proyeccion horizontal, y en la 146, vista de costado.

Consta de un molde *c*, que puede correr por dos carriles; dicho molde está compuesto de un bastidor *a a a a*, debajo del cual hay un tablero que se une al bastidor por medio de cuatro pequeños fiadores. Sobre este tablero hay cincuenta y cuatro tablillas del tamaño de un ladrillo; los lados menores están divididos en nueve partes, con ranuras para dejar pasar las hojas que han de cortar la arcilla que se echa en el bastidor. Los otros dos lados se dividen en seis partes, con ranuras como las anteriores para el mismo objeto. Sobre el banco que lleva los carriles hay dos piezas, una de cada lado, destinadas para recibir el cilindro *b*, el cual tiene ocho cuchillas cilíndricas de chapa de acero. El cilindro se pone en movimiento por medio de un engranaje *e*, colocado en los dos estremos, y en cada uno de estos hay una manija para este objeto, con poleas de engranaje. Con este molde puede hacerse, segun el inventor, treinta mil ladrillos en diez horas. Estando preparada la arcilla se echa en el molde que tiene, como dijimos, cincuenta y cuatro divisiones; dos obreros, colocados á cada lado del banco, apisonan la arcilla en el molde y pasan el rasero; empujando despues el molde al cilindro que le hace andar para cortar longitudinalmente los ladrillos. Este cilindro hace marchar al mismo tiempo de cada lado una cadena que lleva el molde al frente del cilindro, y llegado á él, le hace andar por medio de la manija *d*, y despues se hace correr por el mismo carril al secadero, en donde se saca del molde.

Puede ser útil este aparato, y es fácil aplicarle para obtener ma-

yores productos que en la fabricacion comun de moldes parciales.

El molde de Piston de Galeestool, privilegiado en Francia en 1841, está representado en las figuras 147, 148, 149, 150 y 151. Molde de Piston de Galeestoot. Figuras 147, 148, 149, 150 y 151.

La figura 147 representa la proyeccion horizontal del molde; *a*, marco; *b*, son asas para coger el molde; *c*, eje del molde; *d*, pistones; *e*, caballete con dos ranuras, sobre las que descansa el eje del molde cuando se moldean los ladrillos, y cuando se vuelve lo de abajo arriba para poner los ladrillos en el suelo; *f*, piezas emsambladas en el caballete.

Figura 148: corte del molde con los ladrillos vaciados en él, antes de empezar á obrar los pistones; *d*, molde; *b*, orejas; *c*, eje; *e*, caballete; *g*, ladrillos moldeados.

Figura 149: corte del molde cuando los pistones han dejado en el suelo los ladrillos ya moldeados; *a*, molde; *b*, orejas; *c*, eje; *e*, caballete; *g*, ladrillos moldeados en el suelo.

Figura 150; pistones vistos de lado, que tienen en las estremidades de la flecha un tope *v h*, que impide el vuelco de los ladrillos antes que el molde haya hecho su giro.

Figura 151: proyeccion horizontal de los pistones.

La caja de moldear descansa, por su centro de gravedad *c*, sobre el caballete *e*: los obreros llenan las cajas de arcilla, pasan por encima el rasero para cortar é igualar los ladrillos, y hacen girar el molde 180 grados para hacer obrar los pistones *d*, que empujan los ladrillos.

Cada vez que se concluya una operacion, el obrero mueve el caballete, haciéndole retroceder, para empezar de nuevo, y depositar asi en el suelo por hiladas y en toda la longitud del terreno que se esplota, los ladrillos moldeados.

Este mismo sistema de moldes con embolo, puede emplearse con ventajas, teniendo un tonel ó tolva fija que contenga la arcilla, la cual vaya llenando las cajas, haciendo pasar los moldes por debajo.

El molde se puede hacer de hierro fundido ó bien de madera forrada de hierro, de zinc ó de hoja de lata.

El caballete podria reemplazarse por unos piés fijos, unidos al molde, con el objeto de evitar el cambio de sitio.

Para moldear los caños y los ladrillos huecos tubulares se usan los tornos de alfarero, que se emplean para dar la forma á las piezas, tanto en los alfares como en las fabricas de loza fina. Está representado por una proyeccion vertical en la figura 152. Consta de un árbol *c*, giratorio sobre un gorron apoyado en el piso; este Torno de alfarero. Figura 152.

árbol, adicionado con una pieza de hierro, atraviesa el tablero *n o* en *d*, y en su parte superior tiene el disco de madera *b*, sobre el cual se coloca la pieza de barro *a*, que se moldea. Sobre la rueda *e*, fija al árbol, apoya el obrero el pié derecho, y por medio de un pequeño movimiento lateral hace girar esta rueda, y por consiguiente el árbol y platillo *b*. Sobre el estribo *p* apoya el pié izquierdo; *b* es una vasija con agua para mojar las manos y útiles; *g* es un liston fijo que tiene una varilla *h* horizontal con una ballena *i* á su estremo, que sirve para fijar las dimensiones de las piezas, de sus retallos, molduras, etc. Haciendo girar el árbol el obrero, da la forma á la pieza que se moldea directamente con los dedos, y hace el hueco de estas introduciendo la mano derecha, haciendo girar el árbol, y apoyando en la parte esterior de ella la izquierda. Por medio de plantillas *A*, se perfeccionan las superficies; la batidera *D* sirve para dar la primera forma, y por medio de un alambre con una muletilla en cada estremo para manejarle, se corta el esceso de barro, y se separan las piezas del disco.

El operario está generalmente sentado en un asiento de tabla algo inclinado hácia el torno, y sostenido por un apoyo vertical.

Suele darse movimiento al torno por medio de un volante vertical, que so hace girar por medio de un manubrio; por el canto de este se apoya una correa ó cuerda sin fin que cambia de direccion, pasando debajo de una polea colocada entre el volante y el torno, y se engarganta en una pequeña polea horizontal colocada en el estremo superior del torno.

B es el *pcine* para estriar la superficie de los ladrillos tubulares con objeto de que agarre el mortero á ellas.

Prensas de moldear.

Prensa de Manoury. Figuras 153 y 154.

La prensa de Manoury está representada en las figuras 153, proyeccion vertical, y 154, seccion vertical; consta de un bastidor ó armazon en cuya parte inferior están colocados los moldes, y de contramoldes unidos á brazos articulados que les hacen bajar para ajustarse al molde y comprimir el ladrillo.

a representa el armazon; *m* los moldes; *o* los contramoldes que pueden subir y bajar por medio de los brazos *e* articulados que verifican este movimiento, corriendo las tuercas *c c* por la rosca *n n*. El movimiento de rotacion de los volantes *v* producido actuando sobre el manubrio, es el que convierte en movimiento rectilineo vertical el de los brazos articulados *e*; *s* es un mecanismo para levantar

el ladrillo moldeado; *q* tolva para echar la arcilla, y de esta cae en los moldes *m*.

La prensa ideada por Rodier está representada en la figura 155. Consta de una armazon de un metro de altura y 0,m42 de diámetro, en el cual se coloca un cilindro hueco que se llena con la arcilla. Por medio de una rosca central con un platillo inferior se hace bajar la arcilla preparada que se echa en el cilindro y se hace salir por los moldes colocados en la parte inferior. Prensa de Rodier. Figura 155.

Por medio de una rueda de 1,5 á 2 metros de diámetro movida por un hombre ó por una máquina de vapor, se hace girar la rosca segun se ha indicado.

La prensa de Petot que se describirá entre los aparatos destinados á perfilar el ladrillo, sirve tambien para el moldeado.

Se han querido aplicar los martillos ó mazos movidos por el vapor al moldeado de ladrillos, tejas, bloques artificiales, etc. y en 1847 sacaron patente en Francia Gonin y Llody, pero no se ha generalizado su empleo. Mazos.

En 1848 sacó patente en Francia Reichenecker para el empleo de fabricar caños y ladrillos, la cual perfeccionó despues y está representada figura 156, en seccion vertical. Prensa de Reichenecker. Figura 156.

El aparato para fabricar caños se compone de las partes siguientes:

La prensa hidráulica *a* montada en el armazon *b*, en sentido inverso de las demás prensas hidráulicas comunes, verificando la presion de alto á bajo sobre la pasta; dos cilindros verticales *c* de fundicion, contiguos, colocados sobre una plataforma móvil *d* para poderlos colocar alternativamente bajo el piston de la prensa; estos cilindros contienen la arcilla y deben ser muy resistentes para sufrir la gran presion que actúa en ellos. En el fondo hay un alma *A* para poder fijar los moldes. La arcilla pasa á través de los moldes, y el tubo ya formado se sostiene por una tabla de corredera y de contrapeso *e* para que no se deformen, y por medio de un alambre *f* armado en un bastidor de corredera se corta de la longitud que se quiera.

Preparada la arcilla se coloca en el tablero *g*, en donde dos operarios cargan el cilindro vacío sometiéndole á la accion de la prensa, cuando se ha concluido la arcilla del otro cilindro. Son necesarios tres operarios, uno para maniobrar la bomba que alimenta la prensa, y el cual debe estar atento al molde para actuar mas ó menos segun convenga; otro operario recibe los tubos á la salida del molde para sostenerle en el tablero *e* y cortarle; el tercero coge el tubo cortado y le coloca en el alma *B* de un torno de alfarero

para ajustar á un estremo el reborde de arcilla. Segun el fabricante estos tubos pueden resistir una columna de agua de 100 metros de altura sin romperse.

Prensa de Champion. Figura 157.

El fabricante Champion ha sacado varios privilegios en Francia para máquinas de fabricar ladrillos y tejas, y en 1845 lo verificó para una cuyo objeto era la fabricacion de caños, representada por una proyeccion vertical, figura 157; consta de un platillo circular horizontal *a* sostenido por un bastidor *b*. El movimiento de rotacion se obtiene por medio del árbol c del piñon *d* y rueda *e*, la cual se mueve por medio de una manija. Encima del platillo *a* está la hilera *f*, en cuyo centro lleva un alma de hierro terminada por un tronco de cono para hacer el hueco interior del tubo. La arcilla se conduce hasta la hilera, haciendo girar el platillo que le impele hácia aquella y sale por el otro lado con la forma de tubo.

Prensa Julien.

El ingeniero mecánico francés Mr. Julien ha montado varias máquinas para la fabricacion de ladrillos en diversos establecimientos de aquel pais. Una de ellas para *moldear los ladrillos en seco*, construida en 1853, que parece ha producido buenos resultados, puede fabricar 4,000 ladrillos en diez horas, servida por un hombre y un muchacho. Con este aparato pueden moldearse las piezas sin preparar la arcilla, pues basta la humedad natural de esta cuando se estrae del terreno.

Figuras 158, 159, 160 y 161.

La figura 158 representa una seccion longitudinal, la figura 159 la proyeccion horizontal, la 160 una seccion trasversal por el eje y los moldes, segun la linea quebrada 1, 2, 3, 4 y 5 de la figura 158; la figura 161, seccion horizontal, por el árbol principal, segun la linea 6 y 7 de la figura 160.

El aparato consta de un fuerte armazon de madera *A* que sostiene una mesa, al cual hay unido un fuerte bastidor *B B* en el que están situadas las diversas piezas del mecanismo. Este bastidor está compuesto de dos piezas longitudinales *B*, fijadas al armazon por pasadores *b* y arriostrados por traveseros *B*, entre los cuales están los moldes.

Los moldes están formados por una cuadrícula doble *C* del tamaño del ladrillo, abiertos por arriba y por abajo, y forrados con chapa de cobre.

Los apoyos verticales *D* están fundidos de una pieza con las B del bastidor; tienen dos árboles horizontales *E F*, y se apoyan sobre ranuras abiertas en los piés derechos *D*, aseguradas por las bridas *G*.

Al estremo del árbol *E* está unida por una caja de funuicion *H*, una gran palanca *I*, con la cual se hace girar al árbol. Este tiene

dos pequeños brazos de palanca forjados de una sola pieza con él. A estas palancas se unen dos cadenas *k*, cuyos estremos inferiores están fijos por medio de pasadores á la parte inferior de una pieza vertical, y en la parte superior de esta hay dos embolos rectangulares *L*, forrados de madera y cobre, que encajan exactamente en los dos moldes. Los dos émbolos están separados por una ranura *l*.

Cuando se hace girar al árbol *E*, la traccion efectuada por las palancas pequeñas en las cadenas *k*, hace se eleven los émbolos *L*. En este movimiento vertical la pieza *L*, guiada en la parte superior por los mismos moldes, lo es abajo por una placa trasversal *M* que atraviesa, y que sirve tambien para unir la parte inferior de los piés derechos *D*.

La pieza *V* unida á la *L*, limita la bajada al tocar á una rosca con tuercas y contratuercas que sirven para pararla en la posicion conveniente.

Encima del aparato hay una pieza *N* que el constructor llama *cuello de cigüeña*, la cual tiene delante dos tablillas de madera $N.^1$ que sirven para cerrar la parte superior de los moldes. Para esto la pieza *N* está montada en un árbol *O*, cuyos estremos descansan en apoyos *P R* unidos á las piezas de fundicion *B*. Cuando se quiera mantener el *cuello de cigüeña* en la posicion indicada en las figuras, se coloca bajo su estremo posterior N^2 una pieza *Q* que gira sobre ejes *q*, la cual se mueve por medio de manijas *r*. Si la pieza *Q* se está por el contrario en la posicion indicada en la figura 158, el cuello de cigüeña *N*, libre ya, gira por su propio peso y toma la posicion N^2. Cuando el cuello de cigüeña está levantado, y por consiguiente los moldes abiertos y al mismo tiempo la palanca *I* en posicion vertical y apoyada en una pieza exprofeso, los pistones *L'* están en la parte inferior de los moldes, los cuales se llenan con la arcilla. Hecho esto se pasa *el rasero*, se baja el cuello de cigüeña que cierra los moldes, y se le deja en esta posicion por medio de la pieza *Q*. Se pone la palanca en la posicion I^1, figura 158, haciendo subir los émbolos á la posicion L^2, y se comprime la arcilla *T* de los moldes. Como esta compresion no está limitada sino por la resistencia del ladrillo ya moldeado, es evidente que la magnitud de la palanca *I* permitirá ejercer un esfuerzo considerable.

Para hacer salir los ladrillos de los moldes, de haber levantado el cuello de cigüeña *N*, bastará dar un pequeño movimiento á los émbolos. Este movimiento podrá verificarse por medio de la misma palanca *I*; sin embargo, es mejor el producirle por medio de un pequeño árbol, figura 161, que tiene en su estremo una palanca *S*, para manejarse y en su medio otra pequeña *S'*. A ella se asegura

una cadena ó varilla, sujeta á la parte inferior de la pieza *L*, que tiene los pistones.

Se hace girar el árbol *F* por medio de su gran palanca que se asegura bajo el muelle. Por medio de este movimiento se hace subir los émbolos *L'* hasta el borde superior de los moldes, y entonces puede quitarse el ladrillo. Se ejerce en seguida cierta presion sobre el muelle *V*, para dejar libre la palanca *S*, y el peso de los émbolos hace se coloque en la primera posicion.

Para moldear ladrillos de otras dimensiones ó formas pueden cambiarse los moldes *C*, y las cabezas de los émbolos *L'*.

Aparato de Aiuslie.

Uno de los aparatos para la fabricacion de tubos qne ha obtenido buen éxito desde que se empezó á emplear en Francia en 1849, es el ideado por Aiuslie.

Figura 162.

La figura 162 representa una seccion vertical. Está compuesto de dos cilindros de fundicion *a a*, que giran en sentido contrario, montados en el bastidor *b*, el cual se apoya sobre ruedecillas de fundicion *c*, por medio de los traveseros *p p*. El volante *d* comunica el movimiento por medio de un manubrio *e* unido á uno de sus brazos; el eje del volante tiene un piñon *f* que engrana con una rueda *g* montada sobre el eje *h* del cilindro inferior *a*; al estremo de este eje hay una rueda análoga montada en el eje del cilindro superior. En los rodillos *m* se arrolla una tela sin fin *l*, sobre la cual se pone la arcilla; los pezones de los rodillos *m* entran en los bastidores *n*, el cual se apoya por un estremo por medio de la varilla *o* unida á la riostra *p*.

La arcilla depositada en la parte *l*, y comprimida por los cilindros *a a*, se dirije al molde calado *r*, que puede tener varias formas. A la salida de este, el tubo ya formado, se sostiene por los rodillos *u*, por medio de los cuales puede continuar marchando. Los pezones de los rodillos encajan en el bastidor *v*, que se apoya en el armazon asegurado á la base del aparato.

Para dividir en trozos el tubo hay una palanca *x*, la cual tiene otra articulada *y*, que actúa en un eje con una palanca de báscula *z*. En cada estremo de esta báscula hay varillas verticales que suben y bajan alternativamente, y los alambres tensos en estas varillas cortan las piezas con un movimiento alternado. Por medio de una raspadera se limpia el cilindro *a*.

Tiene la ventaja esta máquina de poder verificar un trabajo continuado, y que no es fácil de descomponerse. Con un solo operario podrán hacerse unos 225 metros de tubos por hora, de la forma circular sencilla de 30 milímetros de diámetro inferior y 45 esterior, ó de formas mas complicadas, ó doble molde, etc.

Tambien puede fabricarse con este aparato ladrillos huecos y macizos.

La figura 163 representa una prensa construida por Clayton, en la cual se colocan los ladrillos despues de moldeados en el aparato de tonel, que se describirá despues, para lo cual están arregladas las dimensiones de los moldes y caja de la prensa. Es muy sencilla. Se ha usado con éxito en el camino de hierro de Jerez al Puerto, y en otras obras de España se ha empleado tambien. Segun Clayton, pueden prensarse tres mil ladrillos al dia; pero podrá ser exagerado este resultado, pues en las obras del canal de conduccion de aguas á Madrid, en que se aplicó, aunque poco tiempo, solo se prensaban quinientos próximamente: *b*, es la caja para colocar el ladrillo, la cual es de bronce, se hace subir ó bajar por medio de la palanca *a*, y al verificarlo giran las palancas en su juego *d*; y hacen aplicar sobre el molde el contramolde *c*, el cual prensa el ladrillo. Figura 163.

Aparatos de platillo.

La máquina de Danglars y Julien, patente de 1838, se ha usado con buenos resultados; indicaremos primero la disposicion general y se detallarán despues sus diversas piezas. Máquina de Danglars y Julien.

La figura 164 representa la proyeccion vertical, y la 165 la horizontal. Consta de una tolva para echar la arcilla sin amasar, que tiene interiormente un cierto número de hojas, sujeta cada una con una tuerca: está atravesada por un árbol vertical, al que van unidas tambien seis hojas. Figuras 164 y 165.

Este árbol se apoya sobre un tejuelo, y sirve para preparar la arcilla por medio del movimiento de rotacion que se comunica por una polea.

La arcilla cae de la tolva en un embudo de cuero sujeto á un bastidor, en el que se halla el centro de la rueda que tiene los moldes.

Estos moldes, en número de 17, están terminados por partes iguales de radios, distantes entre sí una longitud igual á la del ladrillo, y que tienen el ancho de este. Ademas, con el objeto de que la tierra que en ellos cae esté bien nivelada, tiene el bastidor unido al embudo un cuchillo que hace las veces de rasero.

Suponiendo los moldes llenos, se van presentando sucesivamente por el movimiento de rotacion de la rueda, primero á un pison que comprime ligeramente la arcilla, luego á un émbolo que le golpea fuertemente, y por último á un repulsor que hace salir al ladrillo del molde, dejándole caer en una almohadilla elástica.

El pison está unido por medio de tornillos al émbolo y entre ellos hay un doble manubrio que tiene en su estremidad superior el émbolo, y en la inferior el balancin.

Conviene observar que este balancin no actúa sino por presion; se eleva por medio de una romana colocada encima de la máquina.

Las dos estremidades del émbolo son cilíndricas; la inferior penetra en un cojinete, en el cual hay una ranura, cuyo efecto es conservar el émbolo en la posicion vertical. La estremidad superior se sostiene en su posicion por una guia bien lisa unida á una pieza de madera colocada encima de la máquina.

A cierta distancia del émbolo está el repulsor dispuesto de manera que tenga mas carrera que el pison y el embolo. Estos dos últimos, destinados el uno para comprimir y el otro para golpear, deben tener ambos menor vástago que el repulsor, cuyo objeto es sacar el ladrillo despues de recibir el golpe del émbolo.

Toda la máquina reposa sobre una plataforma de fundicion, que á su vez descansa sobre dos vigas. Una columna, colocada sobre la plataforma, lleva á sus dos estremidades dos piezas cuadradas que están destinadas á recibir la garrucha del balancin. A la estremidad inferior de esta garrucha hay un pequeño árbol, sobre el cual se apoya una palanca, y al estremo de esta hay un peso cuya carga está calculada con la fuerza necesaria, para golpear el ladrillo.

La ventaja que resulta de esta disposicion es, que en el caso que se encontrase un cuerpo incompresible en cualquiera de los moldes, la palanca se elevaria é impediria se descompusiese la máquina.

En un lado de la plataforma hay dos cadenas paralelas con un travesaño que sirve de volante al balancin.

Una tercerra rueda, dirigida por una de las que lleva el volante sirve para hacer girar la manija á fin de obtener el movimiento de *va-y-ven*: mecanismo que sirve para presentar el centro de cada molde á los del pison, del émbolo y del repulsor.

Este aparato podia fabricar segun los inventores, veinte y dos á veinte y cinco mil ladrillos por dia; puede ser movido fácilmente por una máquina de vapor de la fuerza de un caballo, ó por otro motor cualquiera.

a, es la rueda de los moldes; *c*, columna que sostiene la rueda; *d*, émbolo que golpea el ladrillo; *g*, base de la columna; *h*, guia del émbolo; *i*, árbol de la manija; *j*, biela; *k*, vástago del repulsor; *k'* rueda; *m*, bastidor que sostiene las ruedas de engranaje; *n*, volante; *b'' n''*, brazo de la articulacion para producir el movimiento alternativo; *p*, palanca; *r*, contrapeso; *z*, pieza que sostiene el larguero

de madera; t, árbol del balancin; u', balancin del repulsor; v, cojinetes; x, biela del balancin; y, pieza de madera que impide el desvio de la máquina; a'', tolva; h'', juego de la manija; i'', embudo; j'', manija del repulsor; e'' juego del repulsor; m, ejes de ruedas y piñones; n'', cojinete que conduce el árbol de *va-y-ven*; p''', polea de la tolva; p'', polea que sirve para dar movimiento á la máquina.

Máquina de Hantier.

El aparato de Hantier, ideado en 1840, y modificado en 1847 por el inventor, le presentamos como un ejemplo de máquina de disco giratorio y émbolos. Consta de un tonel ó depósito para echar la masa, con árbol giratorio central de brazos y cuchillas; este obliga á salir la arcilla por aberturas practicadas en su fondo, á dos discos circulares, que tienen cuatro aberturas rectangulares en el sentido de dos diámetros en cruz. Estas aberturas son de la misma dimension de la practicada en el fondo del tonel, que es la del ladrillo. Los discos giran, y van presentándose sucesivamente debajo del tonel, y de un émbolo que los hace salir sucesivamente del molde, recibiéndolos el operario en una tabla.

Figuras 166 y 167.

La figura 166 seccion por la 167 proyeccion horizontal.

El tonel de amasar *K*, está sostenido por un armazon de fundicion *B*, ó de madera de la altura conveniente para que el obrero pueda alcanzar á los émbolos y á los platillos. En su centro hay un eje vertical *C*, con brazos de hierro *D*. En la parte inferior de este eje hay cuchillas delgadas *E*, perpendiculares entre si é inclinadas 34 ó 35° para cortar la masa y hacerla salir por aberturas rectangulares *a*, hechas en el fondo del tonel. *F*, es la palanca del picadero para enganchar las caballerias que muevan el árbol. En la parte inferior está apoyado el árbol *C* en una traviesa de fundicion, atornillada al tonel, y para que no estorbe al echar la arcilla hay una brida acodada *H*, que recibe al cojinete del collar.

Los dos platillos de moldear *M*, colocados debajo del tonel que son de fundicion ó de cobre, reposan en parte sobre la placa fija horizontal *N*, y giran un cuarto de revolucion cada vez que se moldea un ladrillo. Estos platillos están atravesados en su centro por una barra vertical *c*, retenida en la parte superior por el tornillo *m*, introducido en el apoyo *n*, y del otro lado reposa sobre el estremo de la rosca m', sujeta en el grueso de la placa fija *N*. Se puede apretar el tornillo del modo conveniente para que con la mano se muevan los platillos sin esfuerzo.

Cada disco tiene cuatro aberturas rectangulares *b*, semejantes á las del fondo del tonel, y de las dimensiones del ladrillo. Cuando una de estas aberturas está exactamente colocada en la del tonel, y

gira el árbol, la tierra cae, y la llena retenida por la placa fija *N*, y presentando sucesivamente cada una de las aberturas, se tendrán tantos ladrillos cuantos se han hecho salir del mismo modo por medio de los émbolos *o*. Estos son exactamente de las dimensiones del ladrillo y están suspendidos en su parte superior por varillas móviles, *e*, en las orejas de los soportes *p*, que les sirven de guias; *f* son piezas que los unen por medio de articulaciones á las palancas *P*, cuyos puntos de apoyo están en *d*, y sus estremos manejan los obreros para hacer subir ó bajar los embolos.

En el momento de levantar la palanca se debe presentar con la otra mano debajo del disco de moldear una tabla *Q*, para recibir el ladrillo; se levanta despues el émbolo, y se hace girar el platillo un cuarto de revolucion para moldear otro ladrillo, y asi sucesivamente.

Con dos hombres se hacen ocho ladrillos en cada revolucion del árbol, ó mil nuevecientos por hora.

Al lado del tonel se coloca arena para espolvorear los moldes, y agua para humedecer las caras de los pistones, guarnecidos de fieltro.

Aparato de Mac-Henry.

En 1854, Mac-Henry, de Liverpool, sacó privilegio en Inglaterra para la fabricacion de ladrillos, incluyendo tanto la preparacion y desecacion como el moldeado y coccion.

Propone verificar en estufas la desecacion de la tierra antes de desmenuzarla, en razon á que la humedad que trae de las canteras no permite verificarlo convenientemente.

La estufa es una especie de horno de reverbero grande con tubos trasversales que sobresalen al esterior, y en cada canal ó tubo gira una rosca sin fin. La arcilla se introduce por uno de sus estremos por medio de una tolva, y la rosca hace avanzar aquella y salir por el otro estremo.

Al salir de la estufa la arcilla, cae en los cangilones de un aparato de rosario, y la conduce á la tolva del molino, compuesto de dos cilindros como los de laminar.

Figuras 168, 169 y 170.

La máquina de moldear está representada en 168, seccion vertical longitudinal, 169, seccion trasversal por medio de la tolva, y figura 170 otra seccion trasversal, próxima á uno de los rodillos de presion,

Los apoyos *m* y otras piezas fijas de la máquina, están aseguradas en dos vigas longitudinales m^1 ; las columnas m^2 sostienen los estremos de las piezas laterales m^3 , cuyo estremo opuesto está sostenido por el *m*. Entre estas piezas de fundicion m^5 , hay un bastidor con moldes *n*, apoyado en el centro de la máquina por rodillos

e, montados en el árbol o^1, y próximos de cada estremo del aparato a, otros rodillos o^2. El bastidor de moldes está guiado lateralmente por piezas de madera n', dispuestas longitudinalmente en cajas fijadas al referido bastidor, y se apoyan en las piezas m^3.

P, indica el rodillo compresor, montado en cojinetes, adaptados á los montantes m; q, es la tolva, á que cae la arcilla por los conductos q'. El bastidor n se supone en la figura que tiene catorce moldes en dos filas.

Cada molde tiene un émbolo n^2, de la magnitud del ladrillo, cuya varilla n^3 atraviesa por un agujero practicado en el fondo del bastidor de moldes. Cuando el aparato funciona, el bastidor de moldes recibe un movimiento de vaiven que se comunica al árbol por un sistema cualquiera. El rodillo de presion P, se mueve igualmente por medio de una rueda dentada p^1, engranada con la o^3. en el árbol o^1. Las barras dentadas de que está provisto el bastidor ó carreton n, engranan con los piñones s y s^1, fijos á los mismos ejes que los rodillos de contra-presion s^2 y s^3, cuyo objeto se dirá despues.

En la parte interior de la tolva q, hay rodillos q^2, y cerca de estos, pero en la parte esterior de dicha tolva, están fijas placas de presion q^3. Estas placas se estienden desde una de las piezas laterales m^3 á la otra, y están sólidamente aseguradas á las vigas m por largos pasadores que atraviesan los soportes de los rodillos s^3, las piezas laterales m^3 y las placas de presion q^3; q^4, son dos rodillos suplementarios que giran tambien en soportes fijados á las mismas placas m^1. El objeto de estos rodillos es el de apretar de alto á bajo los embolos n^2, en el caso que saliesen fuera del bastidor.

Modo de funcionar la máquina.—Llena la tolva con la arcilla, se hace mover la máquina; al pasar los moldes bajo el rodillo P, se llenan, y para prensar bien el ladrillo se elevan algo la varillas n^3, del émbolo n^2, al pasar sobre los rodillos s^2; así la arcilla contenida en los moldes se comprime hasta quedar de un grueso próximamente de 10 milimetros.

Cuando el movimiento del bastidor lleva las varillas de los pistones sobre el rodilo s^3, resbalan estas, elevándose, y quedan despues sostenidas por el tárrago S^3, hasta llegar al rodillo s^2. cuya parte superior está 3 milimetros mas elevada que la del rodillo S, levanta así al embolo y comprime la arcilla del molde. La placa de contra-presion q^3 está debajo, y el ladrillo, baldosa ó teja queda bien alisado por el rozamiento que ejerce esta placa.

Cuando el bastidor llega cerca del estremo de su carrera se levan-

tan los embolos n^2 simultáneamente, y se quitan las piezas de los moldes del modo siguiente:

En la proximidad de los estremos de la máquina hay una palanca t, y á cada lado de los rodillos o^2 hay otra palanca. En el estremo superior de cada par de palancas t^1, hay una barra articulada para levantar t^2, unida á la pieza t^3, en el estremo superior de la t, por la varilla t^4. Cada una de las piezas t^5 tiene un tejuelo sobre el cual actúa el estremo del bastidor para levantar las palancas t y t^1, como se vé en el costado derecho de la figura 168; entonces los ladrillos están en posicion de poderse quitar y dejarlos en la placa lateral m^3, como se indica en la figura 170, por medio de las piezas u, que se guian á mano ó mecánicamente con una palanca de contrapeso u^2.

El brazo t^2, actuando sobre la palanca t^1, obliga á la barra t^2 á tomar la posicion representada á la derecha de la máquina en la figura 168, cuando en su movimiento el bastidor de moldes está fuera del alcance del tejuelo, de tal modo que la barra t^2 se halla en estado de levantar los embolos n^2. Cuando las varillas n^3 llegan á la parte superior de esta barra; los pequeños rodillos q^4 se apoyan sobre los émbolos n^2, y se hacen bajar para que no puedan encontrarse con las placas de contra-presion q^2.

Con el objeto de facilitar las reparaciones y de que el bastidor pueda servir para fabricar piezas de distintas dimensiones, las divisiones que separan los moldes pueden ajustarse de un modo variable por medio de pasadores.

El estremo inferior de las varillas n^3, y la superficie superior de la pieza S^5, son de acero templado.

Aparatos de cilindros.

Aparato de Sehay. Figura 171.

Como ejemplo de máquinas de moldes colocados en cilindros giratorios presentamos la inventada por el inglés Sehay, figura 171. Consta de un depósito para echar la arcilla con un árbol central provisto de brazos y cuchillas para revolverla. Los moldes están colocados alrededor de un tambor; se llenan con la arcilla al pasar por debajo de la tolva ó tonel, van soltando las piezas moldeadas, y caen sobre tablas colocadas en una correa sin fin.

Las diversas piezas que componen el aparato son las siguientes: *a*, tonel de hierro, *b*, *c*, *d*, cuchillas; *e*, depósito en donde cae la arcilla; *f*, plano inclinado giratorio, fijo á un eje que se mueve con el *b*, y tiene por objeto hacer entrar el material en *g*; *h*, rueda de tambor con los moldes en su circunferencia; *i*, pison que comprime

la arcilla en los moldes; este actúa por medio de la biela *j*, que le une á un manubrio *k*, puesto en movimiento cuando las demas piezas; al levantarse entra la arcilla en el depósito, y al bajar en el molde.

m m, brazos fijos en la rueda *o*, la cual se mueve al mismo tiempo que el tambor, y hace actuar pequeños pisones colocados en el fondo de cada molde para despedir el ladrillo que ha sido comprimido ya por el pison *i*, cuando las piezas moldeadas son conducidas por el movimiento de rotacion á la parte mas baja del tambor, la rueda *o* empuja hácia adelante los pisones de los moldes que hacen caer las piezas moldeadas sobre las tablas *p*, fijas á una cadena sin fin; *t*, es la rueda que hace mover la cadena sin fin, la cual llega hasta el secadero.

Máquina de John Riddle. Figura 172.

El aparato de John Riddle, patente de los Estados-Unidos de 1851, es muy sencillo; consta, como se representa en la figura 172 seccion vertical, de un cilindro horizontal, en cuya circunferencia *b*, están abiertos los moldes *a*. En estos vierte la arcilla una tolva *d*, que se va estrechando hasta ajustarse al perímetro de la rueda para comprimir al ladrillo al hacer girar aquella, cayendo las piezas en un tablero al llegar á la posicion mas baja.

Aparatos de caja con émbolos.

Aparato de White.

El aparato de White, patente inglesa de 1841, pertenece á la sesta clase indicada al principio. En ella se aplica la hélice para hacer salir la arcilla, en vez de verificarlo con brazos y cuchillos.

Figuras 173 y 174.

La figura 173 representa la proyeccion horizontal, y la 174 la seccion vertical de la máquina. El motor actúa en el árbol giratorio *d*, comunicándose por el piston *e* el movimiento á la rueda *f*, al árbol hueco *c* y á la hélice.

Este árbol hueco se sostiene por arriba con un collar, y la hélice se ajusta al cilindro. El estremo del tubo *b* penetra en el eje hueco, suministrando agua que sale por conductos perpendiculares á la direccion del cilindro por agujeros abiertos en la superficie; en *k* hay conductos análogos, y alrededor de los moldes *m*; *l* vasija que contiene el agua desde el cual por varios tubos con llaves se distribuye á los puntos que se han indicado.

Puesto en movimiento el árbol, la hélice obliga á salir la arcilla en dos direcciones opuestas *n n* al molde *m*.

Para que la arcilla moldeada al salir de la máquina pueda cortarse de las dimensiones que se quiera, la hélice suspende su mo-

vimiento, para lo cual el piñon está colocado de modo que pueda moverse libremente y descansa sobre un mecanismo *o o*; de modo que cuando se aleja del piñon gira el árbol *d*, y deja en reposo al piñon hasta que vuelve por medio del muelle *p* á su posicion primitiva. El desengranar el mecanismo se efectúa dos veces en cada revolucion de *d*, y cada vez que los dos planos inclinados *q q* vienen á deprimir al cilindro *r*, pasando sucesivamente sobre él. Estos planos tanto por su número como por su longitud, pueden arreglarse para que la arcilla moldeada se corte de las dimensiones convenientes en cada revolucion del árbol.

Con el mismo objeto se puede alargar el árbol horizontal *s* para cortar y fijar á distancias convenientes varios aparatos *t t*, que efectúan la operacion al mismo tiempo. Los juegos de palancas *u u* sirven para mover el bastidor *v*, sobre el cual están los cortadores, efecto que tiene lugar, cuando *o o* está separado del piñon *e* por alaves *x* colocados en dos platillos que lleva el árbol.

Segunda maquina de John White.

El aparato de John White premiado por la Sociedad real de Agricultura de Lóndres y en la esposicion universal. Consta de una caja de hierro en la cual se echa la arcilla. En su interior hay un émbolo que se adapta trasversalmente á dicha caja. Detras del piston hay dos guias horizontales con barras dentadas que actúan por medio de dos brazos á los cuales ponen en movimiento dos émbolos colocados en un eje. A los piñones se les comunica el movimiento por una rueda dentada de 0,^{m}5 próximamente de diámetro, que se hace girar por medio de un manubrio y piñon.

Llena la caja de arcilla se cierra la tapa de hierro con un pasador, se hace girar la rueda actuando en el manubrio, y los piñones engranando en las barras dentadas empujan el émbolo avanzando delante de él la arcilla. Esta tiene que salir por la pared opuesta de la caja y por los moldes, cayendo á una tela sin fin que puede marchar sobre rodillos, y en esta se cortan las pinzas con alambres.

Figura 175.

Este aparato es sencillo y análogo á los de la misma clase de Clayton, que se representa en la figura 175. Le creemos preferente á otros varios que por su complicacion hacen mas embarazoso el empleo ó son mas fáciles de descomponer.

Aparato de Bedford.

El aparato presentado por Bedford en la esposicion de Lóndres de 1851 está fundado en principios idénticos al anterior; tiene una caja en la cual se echa la arcilla, y esta es impelida á salir por el otro estremo por medio de un émbolo movido por una barra y ruedas dentadas.

Aparatos de Clayton.

La máquina de Clayton para la fabricacion de ladrillos, tejas,

y caños, obtuvo el primer premio entre las presentadas en la esposicion universal de Lóndres en 1851 para el mismo objeto, y anteriormente de la Sociedad Real de Agricultura.

La figura 176 representa una vista de este aparato; consta de un armazon de hierro fundido con dos cilindros *C* sin fondo, en los cuales se echa la arcilla; se pone sobre una mesa tambien de hierro con piés muy fuertes y con una abertura para colocar un disco de hierro, agujereado, y así pueda pasar la arcilla. Figura 176.

En el interior de los cilindros hay un disco de hierro con un vástago unido á una armadura rectangular y los dos lados *p* de ella terminan por su estremo inferior en una barra dentada. En estas engranan dos piñones interiores colocados en el eje horizontal. Este eje lleva dos piñones *n* que engranan con las ruedas *R R'* á las que se da movimiento con manubrios *Q*; la *R* es de mayor diámetro que la *R'*.

La figura 176 representa la máquina dispuesta para la fabricacion de tubos *t*, los cuales van saliendo por la parte inferior; *v* son varillas á cuyos estremos está unido un alambre para cortar los tubos; estos caen sobre un banquillo.

En la figura 177 se representa la parte inferior del tonel dispuesto para fabricar ladrillos y tejas, la disposicion del resto del aparato es el mismo que el anterior, solo que en vez de salir por el fondo las piezas, como es necesario verificarlo para la fabricacion de caños ó tubos, los ladrillos ó tejas van saliendo por el costado de la caja. Al salir por los moldes *m* los recibe una tela sin fin colocada sobre rodillos. Los alambres *h* representados en la figura pueden girar en un mismo eje colocado al costado de la mesa para cortar las piezas de la longitud que se desee. Figura 177.

Los dos cilindros pueden trabajar alternativamente ; cuando están llenos se da movimiento al manubrio, y el émbolo obliga á salir la arcilla á través de los moldes. Sirve tambien para fabricar ladrillos huecos.

Con estos aparatos se prepara la arcilla antes de fabricar las piezas, sustituyendo un disco con agujeros como una criba á los moldes, ó bien hay un depósito especial en el cual se prepara y se echa despues al tonel de moldear.

Para dar salida al aire que comprime el piston en su descenso, hay un agujero en la parte inferior del cilindro, cerrado con un tapon, que quita el operario al bajar aquel.

La armazon *l* que sirve para hacer subir y bajar al émbolo, puede correr por entre la armadura.

Para el servicio de la máquina son necesario 4 ó 5 operarios;

tiene las ventajas de poderse combinar la salida vertical para tubos, y la horizontal para tejas, ladrillos, etc.

Figura 178. Otro aparato para moldear de Clayton, se representa en la figura 178; es de los mas sencillos y que mejores resultados ha producido. Consiste en un gran tonel ó depósito de hierro fundido, en cuyo centro hay un eje vertical y unido á él una hoja alaveada en forma de espiral, en vez de ser brazos y cuchillas como los indicados en los aparatos análogos para mezclar morteros. El eje está sostenido por la brida superior que se ve en la figura y otra interior. En la parte inferior está la abertura por donde sale la chapa de arcilla por una abertura del tamaño del ladrillo empujada por la rosca: á la salida de la espresada abertura hay un rodillo vertical á cada lado, en cuya superficie tienen una tela arrollada y giran sobre su eje para dirigir la salida de la chapa de arcilla, de modo que no se ladee. A ambos suele comunicárseles movimiento de rotacion por medio de una correa cruzada que se engarganta con la corona ó rueda superior.

Puede adoptarse la forma de molde que se quiera sea para ladrillos macizos ó huecos, tejas, etc. Cuando se destinan para amasar y preparar la arcilla, en vez de molde hay una abertura con criba, cuyos agujeros son tanto mas pequeños cuanto mas fina se quiera salga la pasta. Se mantiene cerrada por una trampilla con picaporte, y cuando se conceptúa está bien amasada la arcilla, se abre para que salga por la criba referida.

El prisma de longitud ilimitada que va saliendo, se recibe en un banquillo análogo al indicado en el aparato anterior del mismo industrial, con una tela sin fin montada sobre rodillos, y se cortan con alambres colocados á las distancias convenientes segun la longitud que han de tener las piezas en listones que pueden hacerse girar para cortar varios á la vez. En el tonel representado figura 178, puede moldearse por dos lados á la vez, y se suponen cortados los banquillos. Al estremo de estos se coloca el operario que corta y carga las piezas en carretillas que le van trayendo vacías, así que se llenan otras.

Con los aparatos de Clayton se fabrican grandes ladrillos huecos, y hasta trozos de columnas de arcilla.

Se han introducido ya en España estos aparatos. En las obras del camino de hierro de Jerez al Puerto de Santa Maria, se usaron con mucho éxito; para las obras del canal de conduccion de aguas á Madrid, se trajo tambien uno de estos y el tonel para amasar, otro de caja para ladrillos huecos y prensa. En la fábrica de Trubia y otros puntos se usan tambien.

Para dar movimiente á la rosca se dispone un picadero al estremo del árbol, el cual se puede hacer girar como una noria por una ó dos caballerias; pero en fábricas de mucho consumo se aplica en Inglaterra una máquina de vapor, en cuyo caso se dispone con tambor ó engranages, como indica la figura. En este caso puede fabricar 10 á 15,000 ladrillos al dia.

Son interesantes los siguientes datos que nos ha suministrado el ingeniero Sr. Mayo, director que fué del camino de hierro de Jerez al Puerto, sobre la organizacion y coste de la fabricacion en que se empleó el aparato Clayton.

El taller se componia de un capataz y ocho peones que costaban al dia 74 reales. Cada metro cúbico de barro medido antes de amasar producia 800 ladrillos de 0,^{m}28 por 0,^{m}14 y 0,^{m}04.

Habia cuatro albercas para amasar el barro de cuatro metros de longitud, 1,80 de ancho y 0,80 de profundidad.

En un dia se fabricaban 2,000 ladrillos y se prensaban 1,000 con la prensa del mismo Clayton que se ha descrito. El coste era el siguiente:

Peones y capataz	74	reales.
Mulas y mulero	72	
Barro	20	
Combustibles, cuatro quintales de leña	200	
	366	
Valor del millar	183	

El precio de estos aparatos se incluye en el apéndice.

En la memoria sobre la esposicion de Paris de 1855, publicada por los ingenieros señores Valle, Echevarría y Mendizabal, se hace la siguiente reseña de otros aparatos presentados en la esposicion de París de 1855.

Varios aparatos presentados en la esposicion universal de 1855.

El aparato de Whitehead de Preston con una sola salida, no amasaba por sí la arcilla, sino que era necesario echarla ya amasada en la caja de la prensa. Esta tenia un émbolo horizontal, á cuyo vástago dentado se comunicaba el movimiento por un sistema de ruedas y por medio de un manubrio. La disposicion del bastidor y rodillo era la misma que en la máquina de Clayton. Basta un hom-

bre y un niño para su servicio. En diez minutos fabricó 520 tubos de 37 centímetros de longitud y 10 de diámetro.

La máquina de Porten de Carlisle, de doble efecto, verifica el amasado y moldeado. El amasador colocado horizontalmente tiene dos árboles en su parte interior provistos de cuchillas inclinadas que amasan la arcilla y la impelen para que salga por los orificios de los moldes. Podia cortar 1,000 á 1,500 ladrillos por hora.

Varios fabricantes franceses espusieron aparatos. El de Bouillier podia fabricar diariamente 8,000 tubos de 35 centímetros de longitud; el aparato pesaba 500 kilógramos, y podia trasportarse en un pequeño carro de hierro.

El mismo fabricante citado presentó un amasador cilíndrico de hierro de 1,10 metros de altura y 0,^{m}65 de diámetro interior que, movido por un caballo, podia preparar al dia 13 á 14 metros cúbicos de tierra; su peso 600 kilógramos.

Aparato para recortar ó perfilar el ladrillo despues de enjugado.

Hay varios aparatos para perfilar los ladrillos; ya se indicó el sistema aleman.

Prensa de Bakewel. Figura 179.

El aparato de Bakewel para condensar el ladrillo despues de enjugado y perfilarle está representado en la figura 179. *A* es un molde fijo en la parte superior y pulimentado interiormente; su fondo es móvil y puede resbalar hácia arriba y hácia abajo por medio de una palanca *B* y una rosca *C*, como en una prensa de imprimir. La tapa *D*, móvil por medio de una charnela, se equilibra por un contrapeso *E*, lo que permite abrirla con facilidad. El estribo *F* jira sobre pasadores que se manejan con manubrio, y sirve para sostener la tapa cuando se ejerce la presion. Una palanca *G* que obra sobre el fondo del molde hace salir al ladrillo de este, despues de moldeado.

Para verificar la operacion del perfilado y condensado, que en la fabricacion comun se hace á mano golpeando con paleta, se coloca el ladrillo en el molde, se echa la tapa, la cual se sugeta por medio del estribo; se hace obrar la palanca *B* que produce una fuerte presion; se le hace salir del molde bajando *G*. Un operario y dos muchachos pueden perfilar y condensar con este aparato de 2 á 3000 ladrillos al dia, tambien se dió privilegio al mismo por una máquina de hacer ladrillos compuesta de dos cajas con tapa de émbolo que movidas verticalmente por barras dentadas, ajustada dicha tapa á la caja comprimia el ladrillo colocado en el fondo.

Para una operacion análoga describe Petot la siguiente prensa, que tambien puede emplearse para la fabricacion de ladrillos y tejas se pueden perfilar 240 ladrillos por hora. Prensa descrita por Petot.

La figura 180 representa la proyeccion vertical y la figura 181 el molde. Figuras 180 y 181.

La rosca es de hierro con filetes cuadrados, las bolas del volante de plomo; el todo es análogo á los volantes de acuñar moneda.

El molde tiene asas para cogerle cómodamente, y charnelas para abrirle, y se cierra con un cerrojo. El estremo inferior del árbol lleva un platillo de acero que encaja en el molde; para golpear sobre la cara superior del platillo, puede bajar independiente del árbol sostenido por dos varillas al estremo; la impulsion brusca que hace bajar la rosca, empuja el platillo, y un solo golpe del volante basta para cada ladrillo.

Cuando el ladrillo está todavía algo tierno refluye por el huelgo que queda entre el platillo y el molde la rebaba de arcilla, y hace adherir el platillo de modo que podia levantar consigo el ladrillo y molde si no se tomase la precaucion de colocar en la parte superior de este y sobre los lados mayores dos piezas *a a*, correspondiendo á estos dos clavijas introducidas á ranura en las montantes de madera, que se pueden retirar cuando se quiera sacar el molde. Las piezas que sostienen el platillo tienen que ser muy fuertes para resistir los golpes del volante.

El aparato de Virevent para cortar y perfilar ladrillos, es una prensa de rosca y volante análoga á la de Petot. Aparato de Virevent.

De esta clase se han ideado otras varias; pero creemos preferibles las de caja y palancas indicadas antes.

Reseña de otros aparatos empleados ó propuestos para la fabricacion de ladrillos.

Una de las máquinas que mas éxito obtuvo en Francia desde 1841 en que se inventó, fue la del fabricante Carville alcanzando el premio de la Sociedad de Fomento de la Industria. Máquina de Carville.

Exige esta máquina para su servicio dos hombres y cuatro chicos, y una ó mas caballerías para ponerla en movimiento.

Podia moldear 500 ladrillos por hora, y con ella se fabricaban tambien baldosas y tejas. Segun el informe dado por la referida Sociedad, era la mas completa de las ideadas hasta entonces.

Consta de un gran depósito ó tonel en cuyo centro hay un árbol vertical con brazos para remover la arcilla que hace salir por la parte inferior del tonel referido.

Los moldes de fundicion colocados en una cadena sin fin, giran por medio de molinetes que engranan en las articulaciones de los moldes.

Por medio de un cilindro de hierro se empezaba la compresion de la arcilla en los moldes, concluyendo este al paso de ellos por entre dos planchas de palastro. Un repulsor oscilante empuja los ladrillos del molde para hacerlos salir, y caen en una tela movible sobre rodillos.

Esta máquina costaba de 8 á 10,000 francos, siendo por consiguiente cara y complicada; en el dia hemos visto se construyen aparatos de mayor sencillez. La descripcion detallada y planos de ella puede verse en la publicacion industrial de Armengaud de 1842, y era el *Boletin de la Societé d' encouragement de l' industrie francais de* 1841.

Máquina de Terrassou.

Otro aparato anterior al de Carville, el de Terrassou, fue premiado con la medalla de oro en 1829 en Francia.

Empleaba seis caballerías, dos hombres y un muchacho en el servicio del aparato, fabricando al dia 15 á 20,000 ladrillos ó 10 á 12,000 tejas.

Este aparato consiste en un tonel ó depósito en donde se echa preparada la arcilla, en cuyo centro hay un árbol de cuchillas; dando movimiento al árbol se removia aquella, haciéndola salir por la parte inferior. De aqui caia en el molde situado en un tablero, y marchando sobre rodillos tenia que pasar por debajo de cilindros que ejercian presion sobre la pieza moldeada.

Aparato de Cundy.

Tambien hácia la época anteriormente citada, estableció Cundy un aparato para moldear, sencillo en su forma. Consistia en una pieza de hierro con cuadrículas de hierro del tamaño del ladrillo. Estas podian bajar y aplicarse sobre una chapa de arcilla colocada en un carreton, y por medio de los bordes de las cuadrículas se cortan los ladrillos.

Aparato de Kurby.

El aparato de Kurbey, privilegio de 1843, es complicado y fácil de descomponer. La arcilla se echa en una tolva fija al bastidor, que sostiene el aparato, y en ella hay dos cilindros ó rodillos horizontales que al girar hacen baje la arcilla y salga por la parte inferior al molde colocada debajo. En seguida se hace marchar el molde sobre dos piezas sujetas á un tablero, en el cual hay un crik horizontal que sirve para producir este movimiento. Ademas hay otros engranajes y roldanas para prensar el ladrillo colocado en el molde.

Estos dos aparatos se describen en el *Manual porcelanier du faiencier* de la Enciclopedia Roret.

Un aparato de pisones movidos por engranajes. Otro de tonel con árbol giratorio de brazos con los moldes que pasando por la parte inferior se van llenando y pasan despues bajo la accion de un pison. Otro bastidor de cuchillas que corta la arcilla por un movimiento vertical por medio de un husillo y dos ruedas dentadas. Otra prensa de hierro ideada por Jollat en que se verifica la presion por la accion combinada de una rosca y una palanca ó volante. Otro aparato de Gaetan con un tonel ó depósito en donde se deshace la arcilla y trituran los cuerpos estraños por medio de rodillos giratorios; el molde pasa entre dos cilindros de madera y se divide en dos ladrillos con nna cuchilla. El aparato de Jarfon, de molde múltiplo, que se hace subir y bajar por medio de engranajes donde está la arcilla, cortándose por un alambre el ladrillo del grueso conveniente; todos estos aparatos están descritos en el manual indicado anteriormente. Otros aparatos.

La máquina propuesta por Lavaveseur en 1826 está compuesta de un bastidor circular sobre el cual están los moldes. Un balancin con émbolos ó pisones efectua el moldeado y un engranage inferior al tablero da movimiento giratorio á este para que vayan pasando sucesivamente los moldes bajo el pison. Máquina de Lavaveseur.

La máquina de Hatemberg tuvo bastante aplicacion hácia el año de 1828 estaba compuesta de dos cajas de hierro colocadas cada una en un estremo de un banco ó plataforma horizontal. En sus caras verticales estremas habia aberturas del ancho y grueso del ladrillo, y por medio de un émbolo colocado al estremo de una barra articulada movida por un engranaje, se podia impeler la arcilla de de la caja á salir por la abertura ó molde lateral. Una tela sin fin recibia las piezas, y al girar las conducia á otra parte mas baja en la cual se levantaban para llevarlas al secadero. Máquina de Hatemberg.

En 1830 sacaron privilegio en Francia Fabre y Janier para la construccion de una máquina compuesta de una tolva colocada sobre una rueda de moldes; estos, despues de llenarse, se cerraban, y por medio de rodillos de presion que pasaban sobre ellos, y prensaban el ladrillo. Máquina de Fabre y Janier.

El aparato de Letoriller, patente en Francia de 1838 y perfeccionado en 1840, consistia en un tonel ó depósito en donde se echaba la arcilla; un àrbol central con brazos y cuchillas revolvia y amasaba aquella al girar. De este salia la arcilla al molde por la accion de las alaves ó cuchilladas. Los moldes, colocados en una cadena sin fin, podian marchar por medio de engranajes, y en su movimiento se iban presentando bajo la accion de un pison de movimiento vertical alternativo. Aparato de Letoriller.

Prensa de Millot. La prensa propuesta por Millot en 1842 consistia en una caja de hierro, en cuyo fondo se coloca el molde con el ladrillo ejerciendo la presion por medio de una escéntrica y una barra dentada vertical.

Máquina de Anislies. En la máquina de Anislies, privilegio inglés de 1842, la arcilla pasa por entre dos cilindros de hierro que trituran los cuerpos estraños que contenga. De aqui cae á otro cilindro horizontal de donde se haace salir por aberturas del tamaño del ladrillo por medio de una rosca de doble espiral. Delante hay un alambre que cayendo en las barras de arcilla la corta del tamaño que han de tener los ladrillos.

De Tweeddvale. La de Tweeddvale, tambien privilegio inglés de 1842, consta de una tolva colocada sobre el intérvalo de dos cilindros ó tambores, y la arcilla cae de la tolva, pasa por entre los tambores, alrededor de los cuales hay arrollada una tela. La chapa de arcilla va á parar á los moldes colocados en un tablero horizontal inferior, y estos pueden marchar sobre una cadena, ó correa sin fin.

Doguée. En 1842 sacó privilegio en Francia Dognée para una máquina compuesta de una mesa de hierro con rebordes para la arcilla; de prensa formada por una placa de hierro fundido actuando oblicuamente de abajo á arriba; de un cuchillo de corte oblicuo colocado al pié de la prensa; de un alisador á continuacion del cuchillo. Los moldes colocados sobre la mesa de hierro ó de madera podian contener de treinta á cuarenta ladrillos, situarse bajo la prensa por un sistema de engranajes, y sucesivamente bajo el cuchillo y el alisador; los ladrillos, en vez de fabricarse de plano, se fabrican de canto.

Prensa de Capouillet. La prensa de Capouillet descrita en la publicacion industrial de Armengaud, consta de dos grandes tambores ó cilindros de fundicion que hacen el oficio de laminadores; uno de ellos presenta una superficie lisa, y el otro tiene en su circunferencia cavidades ó moldes del tamaño del ladrillo, en las cuales hay ajustadas otras piezas que sirven de émbolos. Empujados estos al interior hacen penetrar la arcilla en las cavidades. En la parte superior del tambor de moldes está la tolva de la arcilla que va llenando estos, y al girar pueden cerrarse los émbolos y comprimirse sucesivamente por el segundo tambor.

Máquina de Legros. La máquina de Legros, privilegio de 1846 hacia mover sucesivamente varios platillos ó discos para prensar el ladrillo, por las dos caras mayores primero, y luego por las otras. Estas operaciones se verifican por medio de roscas verticales y laterales. No parece la disposicion de esta máquina la mas apropósito para una fabri-

cacion espedita, ni tampoco necesario el prensado sucesivo por las diversas caras que se obtiene en cualquiera de las prensas de volante ó émbolo de un modo mas conveniente.

El aparato de Franklin, patente inglesa de 1846, consiste en un depósito cilíndrico para echar la arcilla con una rosca de Arquimedes que puede girar por medio de un eje vertical colocada en el del cilindro. La rosca prepara la arcilla y la empuja para salir á una tela sin fin arrollada en unos rodillos, y por medio de un alambre pueden cortarse los ladrillos á medida que va pasando la arcilla bajo su accion; es análoga á la de Clayton. De Franklin.

La máquina de Brown, patente de los Estados-Unidos de 1846, consta de una caja para echar la arcilla cuyos estremos están agujereados en la forma que ha de salir el ladrillo; por medio de un émbolo con engranaje y manubrio se hace salir la arcilla por los costados, y es recibida en una tela sin fin en donde se corta por medio de alambres. Tambien es análoga á la caja de Clayton descrita. De Brown.

Fairbans obtuvo privilegio en Inglaterra en 1846 para construir una máquina compuesta de un depósito cilíndrico para amasar la arcilla colocado sobre un macizo de mampostería y con árbol giratorio de brazos ó cuchillas. La arcilla, impelida, salia á una caja lateral inferior de palastro, en cuyo fondo estaban las cuadrículas que constituyen los moldes; por medio de planos movidos por barras dentadas puede ejercerse presion sobre la arcilla, y hacer salir las piezas de los moldes. De Fairbans.

El aparato de Bertrand, privilegio francés de 1846, está compuesto de un depósito ó tonel para contener la arcilla con eje giratorio de brazos. De dos discos giratorios en el fondo del depósito con aberturas que por medio de un movimiento de rotacion intermitente se va presentando y llenando, y recorrido otro espacio, separa el disco haciendo salir las piezas moldeadas por medio de un repulsor. De Bertrand.

Hart sacó en 1851 privilegio en Inglaterra para una máquina compuesta de tonel ó depósito para la arcilla, árbol central giratorio con cuchillas, y en la parte inferior colocados los moldes en una cadena sin. Al pasar por debajo del tonel se llenan, y despues pasan por debajo de un rasero para alisarlos. Tambien el mismo sacó privilegio para otro aparato de doble caja central con émbolo de rosca, movidos por engranajes para empujar la arcilla y hacerla salir por los costados de las cajas. De Hart.

El aparato de Whaley, patente inglesa, consiste en la combinacion de una tolva, rosca y moldes planos, por los que sale la arcilla moldeada. De Whaley.

De Burton. La de Burton, tambien patente inglesa, consiste en la aplicacion de rodillos que comprimen el material al salir de la tolva, y se corta despues este por medio de cuchillas.

Maquina de Dorning. En la máquina de Dorning, patente inglesa de 1850 desde la tolva cae la arcilla á un tablero movible que va presentando sucesivamente los moldes debajo de aquella, ejerciéndose la presion por medio de émbolos á cuya accion se van presentando tambien los moldes despues de llenos.

Máquina de Hugenin y Dubied. La máquina de Hugenin y Dubied, privilegio francés de 1850, consta de un banco y carreton que rueda en dos listones paralelos, sobre los cuales descansa el molde. Un contramolde de fundicion por medio de un árbol vertical baja á comprimir la teja ó ladrillo colocado sobre el molde, produciéndose el movimiento por unas ruedas y por escéntricas. Para fabricar el ladrillo ó teja se retira el carreton sobre el cual está el molde, se coloca la arcilla que cubre toda la parte del contramolde inferior, se hace correr el banco ó carreton, se hace girar el volante que trasmite el movimiento á las ruedas dentadas; y verificándolo á su vez las escéntricas, baja el troquel ó molde superior que está dirigido por unas varillas verticales y comprime la arcilla; se sube despues, y retirando el carreton se vuelca el ladrillo ó teja sobre una tabla.

Aparato de Gouin. El aparato de Gouin, privilegio francés de 1851, consta de una cadena sin fin con los moldes y un martillo-pison movido por el vapor; á medida que los moldes llegan bajo el martillo se llenan de arcilla, y al mismo tiempo les golpea este seis ó siete veces por minuto; moldeado cada ladrillo, una cadena sin fin los conduce á un plano inclinado, se saca del molde y de aquí se llevan al secadero.

Máquina de Wilians. La máquina de Wilians, patente inglesa de 1851, tambien fue presentada en la esposicion universal de Lóndres, y es análoga á otra de Whitte: consta de una caja con émbolo horizontal movido por una barra dentada. A esta se da el movimiento por medio de un engranaje y manubrio. La arcilla sale por los moldes abiertos en la cara del frente.

De Randell y Sanders. En la esposicion universal de Lóndres de 1851, presentaron Randell y Sanders un aparato para fabricar ladrillos con émbolos de rosca y una especie de hilera colocada en la parte inferior en donde cae la arcilla que por medio de ciertos mecánicos puede irse cortando á medida que avanza la tela sin fin en que está situada.

De Namisth y Minton. En la prensa de Namisth y Minton descrita en el *Tecnologiste* de 1852, se ha tenido presente que el movimiento de la prensa para confeccionar el ladrillo, debe ser lento al principio para dar lugar á

la espulsion del aire, lo que segun los inventores no puede conseguirse con las prensas de volante: aplicando un movimiento de rotacion lento y gradual, creen conseguir el objeto. Este se compone de tolva ó depósito para la arcilla; de una placa que recibe esta del depósito á que dan el nombre de placa de distribucion, y la conduce sobre los moldes. Llenos estos, se ejerce la presion por medio de un émbolo que puede bajar por guias, y cuyo movimiento es producido por una escéntrica colocada en la parte superior del eje vertical que hace sea el movimiento mas lento al principio; se da el movimiento por una máquina de vapor.

Establecimiento de tejares; disposicion y servicio personal.

A los talleres en donde se fabrican los ladrillos, baldosas y tejas, se da comunmente el nombre de Tejares. A pesar de que poco puede decirse respecto de su establecimiento, haremos algunas indicaciones sobre el particular.

Los tejares pueden ser provisionales para fabricar una limitada cantidad de material. Este caso tiene lugar cuando hay que hacer alguna obra de importancia en las carreteras ó caminos de hierro y tiene mejor cuenta establecerlos, sea para obtener ventajas en los precios ó mas esmerada fabricacion. Pueden ser permanentes para fabricacion ilimitada espendiendo los productos, y aun en este caso puede suceder que sea necesario variar de localidad pasado cierto tiempo, para estar mas próximo de los bancos de arcilla agotado que sea el que antes se esplotaba; en este caso el establecimiento tiene el carácter de provisional.

Cuando ha de durar poco el tejar, se debe reducir á lo mas indispensable; así es que se construye uno ó mas hornos; pero de las formas menos costosas; las barracas o chozas para los tejeros y un lijero cobertizo para poner los bancos de moldear. Exige tambien estar próximo á sitios en donde se encuentren aguas, ó abrir un pozo aunque sea sin revestir, si es posible.

Cuando se trata de establecer un tejar, debe contarse con el material necesario, examinando los bancos de arcillas de que pueda disponerse, calculando la cantidad que podrá con ella fabricarse, y por consiguiente deducir para cuánto tiempo habrá segun las probabilidades de salida de los productos. Si es de gran estension el banco de arcilla ó hay otros próximos, será necesario ver hasta qué estension convendrá esplotarla con un taller, ó si será mejor permaneciendo el taller fijo, conducir las arcillas á él.

Si el tejar está cerca de un arroyo ó rio, será ventajoso, pues se

tendrán dos elementos indispensables que es el agua, y probablemente la arena de que se hace gran gasto.

Para plantear el tejar se elige el sitio mas próximo á aquel en que se esplota la arcilla para establecer el taller de moldear. Contigua á este deben estar los secaderos, y á continuacion los hornos, eligiendo, si el terreno es desigual, el ribazo mas apropósito para arrimar estos. El material fabricado se deposita y almacena en sitios próximos á los hornos, para que el costo del transporte sea el menor. Un tejar para gran fabricacion constará de los noques para amasar dispuestos como se esplicó al tratar de esta operacion; de un estanque ó depósito para las aguas, desde el cual, por medio de caños, se dirija á otro contiguo á los noques; uno ó varios cobertizos construidos á poco costo, cerrados unas veces de un modo permanente ó dispuestos para que pueda verificarse con cortinas de estera ú otro medio del lado que convenga para preservar del aire ó del sol; en estos se colocan los bancos de moldear ó los aparatos para esta operacion.

Los útiles que exigen los talleres de preparar y amasar, son zapapicos, azadones y palas de hierro para desmontar el banco de arcilla, espuertas y carretillas para conducirla, palas de madera y cubos para el servicio de amasar. Cada moldeador debe tener á su disposicion el número suficiente de moldes para que no haya interrupcion en el trabajo durante se conducen las piezas en el molde al secadero; necesita además la vasija con agua, raseros-rascadores ó cuchillos para limpiar los moldes y raseros, cubos con agua próximos para que el ayudante moje el molde; el alambre de cortar la arcilla y el cajon con la arena. Para este servicio, debe haber el número conveniente de peones que generalmente son muchachos para traer la arcilla y agua y conducir los ladrillos al secadero. El ayudante ó aprendiz lava y sirve el molde y le mete en la arena para que no se pegue la arcilla y eche la arena en la mesa para el mismo efecto.

Los bancos ó mesas de moldear deben ser muy sólidas y de la longitud conveniente para que puedan dejarse los moldes llenos sin estorbar.

Concluido de llenar un molde se arrastra hasta el borde de la mesa por el peon, y allí le recibe en una tabla ó le invierte cogiéndole por las orejas y poniéndole vertical, y así le conduce al secadero, en donde le vuelca con cuidado, dando un pequeño golpe. Tambien se conducen en carretillas.

El repaso y batido del ladrillo exige tambien obreros especiales que solo se ocupen de estas operaciones, y esta última se debe eje-

cutar bajo cobertizos cuando el tiempo es lluvioso. Ya se ha visto cuáles son los útiles que exigen segun sea la clase de batido ó perfilado que se ejecute.

Los hornos permanentes pueden construirse con todas las precauciones convenientes, y arreglados á los mejores modelos. Para el servicio hay obreros especiales que son los *horneros*; ellos colocan las piezas dentro del horno segun se las van pasando los peones, examinan si están ó no en disposicion de cocerse, devolviendo los que no lo están, y para esto se auxilian de los ayudantes necesarios; disponen cuando ha de darse fuego, y dirigen la marcha de las operaciones durante la coccion.

Contiguo á los hornos se construyen las barracas para el hornero y el fogonero, y el depósito para combustible. Suelen fabricarse con adobes ó desechos del material.

Es muy esencial que el hornero sea inteligente y práctico, pues depende la mayor parte de la economía en la fabricacion de que las hornadas salgan bien, y se quiebre y deseche el menor material posible. De perderse la hornada se malgasta todo el coste de las operaciones de fabricacion, y de combustible.

En la coccion por pilas el trabajo de los horneros es muy penoso en razon á que tienen que colocar las hiladas superiores cuando se ha prendido fuego al combustible que hay entre las inferiores; así es que tienen que relevarse y alternar en el servicio con los encargados de dirigir el fuego.

Las diversas operaciones de la fabricacion, se hacen generalmente por ajustes para evitar el poco trabajo que suele hacerse á jornal; se ajusta á tanto el millar, siendo de cuenta del tejero todas las operaciones incluso la coccion, dándole los útiles, el horno y combustible. En el apéndice se da el costo á que suele salir en este caso. Cuando se trata de una fabricacion esmerada, particularmente si hay establecidas máquinas conviene tener cuadrillas especiales para la preparacion y amasado de las tierras en que no es fácil hacer ajustes, y exige mucha precaucion, teniendo capataces prácticos y que vigilen mucho estas operaciones de que depende gran parte del éxito. El moldeado y prensado se ajusta por cientos ó millares, y lo mismo suele hacerse para la coccion; pero este se hace con mas esmero á jornal.

CUARTA PARTE.

Piedras naturales.—Piedras facticias.—Endurecimiento y preservacion de varios materiales.—Estucos.—Escayolas.—Asfaltos.—Hormigon.—Coignet. Masties ó betunes.

Creemos útil hacer una reseña de varios materiales que ademas de aquellos de que se ha tratado, tienen aplicaciones como auxiliares en las obras, y que algunas veces ha de emplear el albañil.

Piedras naturales.

En las mamposterías de que se tratará en la quinta parte de esta obra, se emplean toda clase de piedras naturales con tal que cumplan con las buenas condiciones de resistencia que exigen. Daremos á conocer ligeramente las principales.

Calizas.

De las piedras calizas se ha hecho ya una reseña en la primera parte. Son buenas para mampostería, en particular las duras y siliceas, y se esceptúan las escesivamente cargadas de arcilla que son deleznables, como sucede á las margas y cretas, y á las carboníferas tiernas. Las piedras calizas de grano fino que forman los ***mármoles***, se emplean en decoracion.

Piedra de yeso.

Del yeso se ha tratado en la segunda parte; es de muy mal uso como piedra de mampostear, pues es fácil de descomponer por la humedad, y no debe emplearse.

Granitos y sus modificaciones.

Constan los *granitos*, llamados tambien *piedra de grano*, piedra *berroqueña*, de tres elementos principales, que son el feldespato, el cuarzo y la mica; el primero es muy duro, el segundo se deja rayar por el hierro, y presenta un color rosado y brillo nacarado; la tercera forma hojas de aspecto plateado ú oscuro. Puede dominar cualquiera de estos tres elementos, y entonces toma distintos nombres, como granito gráfico ó pegmatita, compuesta de feldespato y cuarzo cristalizados; el pizarroso ó neix de feldespato laminar y mica pizarrosa formando capas. El granito se emplea mucho como sillería, y tambien en mamposteria: cuanto mas domina en ellos el cuarzo es mejor. Si el feldespato está descompuesto, se hiende con facilidad, y si muy cargado de mica, es mas desmoronadizo.

El *protoxino* está compuesto de feldespato laminar, talco y cuarzo. La *micacita* de cuarzo y mica, y tambien suele contener granate anfibol ó turmalina. El feldespato suele estar solo y forma las rocas que se distinguen con los nombres de petrosilex ó eurita, cuando es compacto; de terroso ó kaolin que es la tierra llamada de porcelana. Los porfíricos, glandulosos, brechiformes.

El cuarzo compacto es duro, produce chispas con un eslabon, no le raya el acero ni hace efervescencia con los ácidos. Es muy bueno para mamposteria. El silex ó pedernal pertenece á esta clase.

Areniscas.

Están compuestas las areniscas de una reunion de granos de cuarzo unidos por un cemento silíceo, calizo ó arcilloso, hay las variedades de *arenisca roja* teñida por el óxido de hierro; la *verde* con silicato de hierro; *abigarrada*, que tiene nódulos de cuarzo; *carbonífera*, contiene fragmentos de granito con mucha mica; grawaka, compuesta de fragmentos de granito ó de pórfido ó cuarzo unido por un cemento de pizarra arcillosa de micacita ó feldespato. Las *brechas* están compuestas de fragmentos angulares unidos por un cemento, cuando estos son redondeados, toma la roca el nombre de *pudinga*.

Todas estas rocas tienen mucho uso en mamposterías y son buenas cuando no son tiernas ó están descompuestas, como sucede generalmente á las que se estraen de la superficie en la cantera.

Rocas piroxénicas.

La piedra molinar, que es muy buena para mampostería, está formada de trozos de cuarzo unidos por carbonato de cal, alúmina y óxido de hierro. Las rocas *piroxénicas* las constituyen los *basaltos*, el *trapp* y los pórfidos.

Los primeros son oscuros compactos y de formas prismáticas es

poco conveniente para mampostería, pues no suelen agarrar bien las mezclas. Los segundos son negros ó verdosos muy duros; los terceros presentan puntos y colores debidos á la piroxena y feldespato cristalizados, ambos son tambien duros y de mala union con la mezcla.

Las pizarras de tejar y para solar son rocas compuestas de una mezcla íntima de cuarzo, feldespato, mica y talco. Sus colores gris oscuro, verde oscuro y rojizo. Se eligen las hojas delgadas y compactas, pues deben ser poco absorbentes. Cuando contienen mucha pirita de hierro son de mala calidad. Deben ser sonoras, duras y lijeras. Pizarras.

Cuando las rocas son desmoronadizas ó muy tiernas, y presenten poca resistencia, no deben emplearse en obras de alguna importancia; lo mismo debe hacerse cuando se descompongan con la accion del hielo (*heladizas*); si han de estar á la intemperie, en este caso saltan en escamas ó fragmentos por su accion. Los ensayos para ver su resistencia al hielo, se hace por el método indicado para el ladrillo. Calidad de las piedras.

Debe distinguirse la absorcion de la permeabilidad. Esta propiedad consiste en dejar paso al agua á través de sus poros, y á veces una piedra es muy absorbente hasta saturarse, y sin embargo no se cala. Tambien las esperiencias se hacen del mismo modo que con el ladrillo. La absorcion de varias clases de piedras es la siguiente segun Vandoyer: Absorcion y permeabilidad.

Mármol..........................	0,0032 de su volúmen.
Caliza grafítica..........................	0,06 á 0,09
Granito..........................	0,006
Yeso bastoi..........................	0,37
Id. fino..........................	0,39

Segun Rondelet, en las piedras de la misma especie las mas pesadas son en general las mas fuertes. Las de grano mas fino y testura mas compacta son las mas duras; las mas oscuras mas fuertes y pesadas; las de grano homogéneo y testura uniforme mas fuertes que las de grano mezclado. Resistencia.

Se entiende por dureza la resistencia al rozamiento, y se ensaya con una hoja de acero sin dientes con agua y arena.

La resistencia de las piedras á la rotura por compresion, es la siguiente:

Pórfido	2472 kilóg. por centímetro cuadrado.
Basalto	1995
Granitos	423 á 775
Areniscas	471 á 813
Muy blanda	4
Calizas	23 á 789
Yeso	72

PESO ESPECÍFICO.

Pórfido	2,87
Granito	2,62 á 2,64
Calizas	1,56 á 2,75
Yeso	1,92

PESO DEL METRO CUBICO DE VARIAS PIEDRAS.

Basaltos	2950 Kilógramos.
Pórfido	2870
Granito	2500 á 2880
Areni. cas	2200 á 2570
Esquintos	1800
Id. pizarrosos	2200
Caliza	1330 á 2760
Arcilla	1400
Arenas	1400 á 1900
Mampostería ordinaria	1700 á 2300
Id. concertada	2300 á 2400

Piedras artificiales y preservacion de materiales.

Imitacion del mármol: procedimiento de Wiliams.

En Inglaterra se empleó hace pocos años por Wiliams el sulfato de barita para imitar los mármoles, reduciéndole á polvo fino y mezclado con un fundente. Se mete esta composicion en hornos como los de la fabricacion del vidrio, y la masa fundida se echa en cajas de arcilla refractaria, pura y limpia de materias estrañas; se dejan enfriar y se sierran los trozos; las vetas de colores se forman con óxidos.

Otro procedimiento.

Otro procedimiento fue el de obtener un vidrio soluble por un esceso de alcalí. disolverlo en agua evaporando hasta la densidad de 1,6, y echar en la disolucion pequeños trozos de pedernal, pór-

fidos. basaltos ó cualquier roca ígnea, y esta pasta moldearla y cocerla.

El mátodo de disolucioa indicado por Siemens parece de los mas convenientes tratando la silice por los álcalis cáusticos en una caldera de vapor cerrada y bajo una presion de cuatro ó cinco atmósferas. La sosa cáustica sirve para imitar piedras ordinarias; para las piedras de colores se mezcla con óxidos metálicos. Se endurecen estos compuestos esponiéndolos á elevadas temperaturas.

Otro procedimiento.

Otro mármol artificial, patente inglesa de 1844 está compuesto de fragmentos de piedras naturales envueltas en una pasta de 50 kilógramos de carbonato de sosa disueltos en 100 litros de agua ó 25 kilógramos de carbonato de potasa en el mismo volúmen de agua. Se pone cierta cantidad de cal para hacer cáustico el licor, se cuece hasta reducir el volúmen á 40 litros, se añade 40 kilógramos de piedras silíceas pulverizadas, y se calienta durante doce horas en una vasija de hierro, teniendo cuidado de remover la mezcla. Se pasa por tamiz, y se obtiene el cemento que se amasa con agua, echando tambien arena para formar los objetos como si fuese mortero de cal.

Arcillas cocidas.

En la actualidad se hacen objetos para decoracion con arcillas cocidas, cuyo empleo se va estendiendo en los edificios de Madrid.

Modo de dar consistencia á las piedras tiernas.

Para dar consistencia á las piedras tiernas ó yeso, se emplea el enlucido de Thenard y Arcet. Consiste en hacer penetrar en las piedras tiernas ó yeso, por medio de un calor suave, la mezcla de una parte de aceite y dos de resina. Adquieren mucha solidez y se hacen impermeables; pnede emplearse para evitar la humedad de los pisos, en cielos rasos y paredes en que se quiera pintar al fresco. Thenard hizo esponer para prueba muchos años un bajo relieve de yeso, la mitad natural y la mitad preparado; la primera parte se destruyó, pero la segunda resistió muy bien.

Silicatacion de los materiales de construccion.

Hace algunos años que el químico Kuhlmann observó que las calizas tiernas como la creta, metidas en una disolucion de silicato de potasa se hacian impermeables, adquiriendo la consistencia del mármol, y este descubrimiento hizo aplicase los silicatos para conservar las piedras. Para esto se forma una disolucion con silicato de potasa bien preparado disuelto en doble cantidad de su peso de agua; este líquido se debilita cuando se ha de aplicar con dos ó tres partes de agua, y se impregna la piedra con él, con una brocha ó rociando por medio de regaderas ó bombas cuidando de que obre alternativamente la disolucion y el aire. Hay que lavar la piedra cuando no absorbe mas líquido para evitar se forme barniz, pues conviene conserve su aspecto mate. En Francia viene á salir

la preparacion de un metro cúbico de piedra á un franco. Este método ha producido buenos resultados en la conservacion de gran número de esculturas en que se ha empleado, en los sitios reales de dicho país y en varios monumentos.

Cree tambien conducente este medio para solidificar las cales hidráulicas y cementos. Mojando las pinturas al fresco con esta disolucion, la cal grasa sobre que están preparadas se transforma en hidráulica.

Para informar sobre los procedimientos de Kuhlmann, fue nombrada una comision, y el informe de esta se inserta en los *Anales de puentes y calzadas de* 1858. En él se indican las aplicaciones hechas por el autor para la imitacion de cales hidráulicas para pintura y preparacion de papeles, telas, etc.

Cemento metálico.

El cemento metálico de Chenot está compuesto de óxido de hierro, silice, yeso amoniaco y arena. Es muy resistente y se forma con él piedras artificiales, pero sale muy caro. Los detalles sobre su fabricacion pueden verse en los *Anales de construccion* de Opperman, abril 1859.

Los bloques artificiales de que se habló al tratar de las cales, los ladrillos y bloques de arcilla son unas piedras facticias ó artificiales. Se hacen sillares, dovelas y otros objetos de cemento mezclado con cascote de ladrillo y trozos de piedras duras, moldeándolos en moldes de madera.

Cementos de Sorel.

El llamado cemento de óxicloruro de zinc compuesto por Sorel, consiste en óxido de zinc disuelto en cloruro líquido de la misma base á 50° del áreo metro Baumé, y para que no fragüe muy pronto se echa 3 por 100 de borax. Cuando la mezcla está líquida, se echa en moldes, y con ella se hacen bajo-relieves y baldosas, estátuas, etc.; recibe bien los colores, es mas duro que piedra caliza, resiste al calor y humedad, y los ácidos le atacan lentamente. Para que sea mas económico, se mezcla con arena ó limaduras de hierro. Puede reemplazar la pintura al óleo, disolviendo el óxido de zinc en agua de cola; y cuando ya se ha dado una capa suficientemente espesa, se da con brocha cloruro de zinc á 25° Baumé, y puede recibir barniz; no produce olor y seca pronto.

Endurecimiento del yeso.

Puede darse consistencia al yeso introduciendo la piedra ya calcinada en una disolucion de cerca de un 10 por 100 de alumbre; despues de pasados algunos minutos se saca y calcina de nuevo á mayor temperatura que la primera; luego se pulveriza y se emplea como el yeso comun.

En la esposicion de París de 1855 se presentaron muestras de varios productos obtenidos por la preparacion del yeso con el alum-

bre para imitar mármoles, en esculturas, chimeneas, tubos, etc. cuya descripcion puede verse en la obra de Delesse *Materiaux de construction de l' exposition universelle.*

Para preservar de la humedad las paredes, que puede aplicarse sobre el yeso húmedo todavía, sobre la piedra, etc. se usa el llamado glu-marino de Andoin. El liquido consta de aceite de alquitran, y óxido de zinc; tambien preserva las maderas, cuerdas, telas, etc. Glu-marino.

Estucos.

Creemos útil dar alguna idea de los estucos, escayolas, asfaltos y mastics, como materiales accesorios en las construcciones de albañileria. Composicion de los estucos.

Los estucos sirven para imitar los mármoles ó piedras en la decoracion de las fachadas ó interiores de edificios, revestimientos de columnas y pilastras, esculturas, etc.

El estuco de que ordinariamente se hace uso, es una composicion de mortero hecho con cal, polvos de piedra caliza, margas y yeso. Cuando han de estar espuestos á la intemperie los objetos que se construyan, tendrán ventajosas aplicaciones las cales hidráulicas y cementos.

Los colores se dan como en las pinturas al fresco, empleando el vitriolo molido con espíritu de vino para amarillos; los ocres para el rojo; el óxido de carbonato de cobre para el verde y azul; las escorias para el negro. Estos colores se mezclan con el polvo del mármol ó yeso, al amasar el estuco. Tambien se pinta la superficie de los estucos sin necesidad de mezclar antes los colores; pero no son estos tan permanentes. Colores.

Generalmente se aplican los estucos en tres capas; la primera sobre el alma de ladrillo ó mampostería, madera, etc., que hay que revestir para dar la forma al objeto; se hace esta con mortero ordinario; la segunda capa de mortero mas fino, sirve para dar forma mas regular al objeto, y la tercera es el verdadero estuco esterior. Aplicacion y pulimento.

Para pulimentar el estuco debe estar muy seco, y se procede por un método análogo al que se emplea para pulimentar los mármoles; primero se apomaza, despues se frota con trípoli, y por último con un fieltro empapado en aceite y con trípoli.

Cuando hay que formar objetos de relieve muy salientes con estuco, se clavan clavos salientes en la tapia en donde ha de formarse; se moja la superficie, se cubre con tres capas de buen yeso Modo de formar los relieves.

hasta que tenga la forma conveniente; se humedece con agua, y se aplica el estuco.

Escayola.

Empleo de la escayola; composicion; colores.

La escayola se emplea para revestir ó enlucir y decorar habitaciones y portales; para fachadas no es duradero. Está compuesta de yeso muy blanco y fino disuelto en agua de cola de Flandes ó de retal. Las materias que se usan para dar color son óxidos metálicos no debiendo emplearse los colores vejetales. Se imitan los mármoles mezclando los colores en la disolucion; las brechas introduciendo en la pasta estucos de colores; los granitos y pórfidos introduciendo en huecos formados al intento pastas apropósito.

La escayola se aplica tambien como la pintura, dando en este caso diec y ocho ó veinte manos.

Pulimento.

Para pulir se pasan primero polvos de arenisca con una moleta de piedra; se tapan despues los poros con escayola, se apomaza, se rellenan completamente los poros y se frota por último con trapos encerados.

Asfaltos.

Composicion y clasificacion de los asfaltos ó betunes naturales.

Los asfaltos minerales llamados tambien betunes, se encuentran en la naturaleza, bien sea en el estado líquido y de consistencia blanda ó deleznable. Producen un olor fuerte que se desarrolla por el calor ó el rozamiento. Al fuego se funden produciendo llama y humo espeso.

Los betunes líquidos son oscuros ó amarillentos y á veces negros. Los sólidos son negros ú oscuros.

Los asfaltos ó betunes se componen de oxigeno, hidrógeno y carbono, no se disuelven en el agua ni en el alcool; pero sí en los aceites fijos ó esenciales.

El producto de su destilacion no contiene amoniaco, cuyas circunstancias sirven para distinguirle de la hulla á la que se parece mucho.

Los betunes se dividen en nafta; petroleo, brea, mineral y betun de Judea ó asfalto; pero este último nombre suele generalizarse al mastic bituminoso, empleado en las aceras y en otros usos.

La nafta es flúida, diáfana, amarillenta, produce un olor fuerte, y es muy combustible; sirve para el alumbrado y fabricacion de barnices.

El petroleo es mas combustible que el anterior, menos traspa-

rente, y de color mas fuerte, y sirve para embrear cuerdas, maderas, etc.; con la preparacion conveniente adquiere gran consistencia, y sirve para la fabricacion de asfalto.

La brea ó mastic, que tambien se llama betun glutinosos, pez mineral ó pisasfalto, es negro, sólido en tiempo frio, y de aspecto graso; al quemarse produce un olor fuerte y mas residuo que el petroleo. Para la composicion de los asfaltos tienen mucho uso.

El betun de Judea es negro, opaco ó semi-trasparente y deleznable.

Los betunes se alteran fácilmente. Proviene de la descomposicion de hulla por fuegos subterráneos, y se encuentra en los terrenos de sedimento.

En un artículo inserto en la Revista de obras públicas, número 9 de 1857, suscrito por Mr. Pichenot, director de la fábrica de asfalto establecida en Vitoria, se hace la clasificacion de los productos asfálticos naturales que tienen aplicacion para las obras del modo siguiente: Asfaltos que se emplean en las obras.

Primero. Rocas llamadas asfálticas que son calizas con 5 á 20 por 100 de betun diversamente cargado de nafta. Se presentan en masas considerables en Seyssel (Francia y Saboya), en Valdetravers (Suiza), en Maestú (España).

Segundo. Las minas de betun, propiamente dicho, que son margas, arenas y arcilla, en las cuales se han inyectado los productos de la destilacion subterránea de las hullas. Se encuentran generalmente en los terrenos terciarios en forma de cubetas. El mineral se trata por el agua hirviendo, y el producto que se obtiene se refina para obtener betun puro en estado de pez cuando queda frio, y sin el cual no seria posible ejecutar los asfaltados de las obras.

De esta clase son las minas de Bastennes y Ganjacq, en las Landas.

Tercero. Las rocas impregnadas tambien de betun, pero que no puede separarse completamente con el agua hirviendo, y que no dan en el refinado, sino un betun impuro, pues retienen hasta un 50 por 100 de cuerpos estraños. De esta clase son las minas de Soria, Navarra y Santander.

Cuarto. Los betunes secos y casi puros como los de Judea y de la isla Trinidad.

Solo las dos primeras clases pueden utilizarse en grande escala.

En Maestú, Montoria, Eyturmendy, existen criaderos abundantes de caliza bituminosa de que se han obtenido muy buenos resultados por los procedimientos de los señores Meirac y Pichenot, autor

del articulo indicado, y de cuyo procedimiento sacaron privilegio de invencion.

Procedimientos para preparar los productos asfálticos.

Consiste este método en estraer el betun que contiene la roca con el auxilio de aceite de petroleo, recogidos naturalmente ó sacados por destilacion de las rocas menas y esquistos bituminosos. Esta operacion se ejecuta con retortas de filtro y presion. Para poder emplearse hay que reducirle á consistencia pastosa por la destilacion. ó mezclándole con betunes secos y puros.

Para la construcciou de aceras ú otros usos hay que mezclar el betun refinado con roca caliza sea ó no bituminosa lo cual forman los llamados *mastics*. Produce muy buenos resultados en este caso los fabricados con betun refinado de Bastennes ó Maestú, y rocas calizas bituminosa de Maestú, Seyssei, Valde Travers, etc., reducidas á polvo en frio, variando la proporcion de betun refinado de 8 á 15 por 100. Este mastic asfáltico es el mejor y de primera calidad.

El mastic de segunda calidad es una mezcla de partes iguales de betun refinado, de caliza bituminosa y de caliza no bituminosa. El de tercera calidad está compuesto de una tercera parte de betun refinado y de dos terceras partes de caliza no bituminosa; pero estas dos clases son inferiores de la primera.

Escesiva cantitad de betun haria el mastic blando y obraria sobre ella demasiado la accion del sol. Siendo muy duro se agrieta con facilidad.

Asfalto artificial.

El asfalto artificial se fabrica con el alquitran de la hulla que se obtiene en las fábricas de gas, el cual se purifica por el lavado. La mezcla de los materialea se hace como la de los asfaltos naturales.

Lava fusible.

En Francia dan el nombre de lava fusible á un producto bituminoso, compuesto de brea purificada mezclada con un tercio en peso de creta.

Productos asfálticos presentados en la esposicion universal de Paris de 1855.

Gran número de productos asfálticos se presentaron en la esposicion universal de 1855 y diversas aplicaciones de ellos, cuyos detalles pueden verse en la obra de Delesse citada. Tambien se encontrará en ella la descripcion de las muestras de asfaltos naturales de varios paises remitidos á la esposicion, su análisis y la indicacion de las mejoras obtenidas para la fabricacion y estraccion del asfalto. El de la provincia de Soria que analizó Delesse, contenia 10 partes de betun y arena cuarzosa. El de la provincia de Zaragoza betun 7 y arcilla y materias carbonosas 7; arena cuarzosa 86.

El mineral de Bastenues es muy apreciado en Francia; contiene mas de 88 por 100 de gangas. Los de Egipto solo 13 por 100. El del

Canadá 37 por 100. El de la Trinidad 35 por 100. El de la California 64 por 100. Las muestras de este betun ó asfalto de Alvarado en Méjico, presentadas en la esposicion, dió solamente un 2 por 100 de residuo arenáceo.

Aplicaciones de los asfaltos.

En aceras y pavimentos de otras clases: construccion de estos.

Una de las mayores aplicaciones de los asfaltos es para las aceras y pavimentos de portales, cuadras, terrados, puentes y viaductos.

Cuando se emplee en pavimentos, debe estar bien seco el terreno apisonándole é igualándole, y echando despues una capa de hormigon hidráulico de unos 10 centímetros de espesor compuesto de arena, cal hidráulica y piedra de 2 á 3 centimetros de grueso.

Cuando esté bien arreglado y seco el hormigon, se enluce la superficie con una capa delgada de mortero de arena fina, y despues de dejado secar algunos dias, cuando ya no tiene humedad se echa el asfalto. Si se echase este estando húmedo el mortero ú hormigon, se producirian despues baches por el levantamiento de la pasta.

El betun se funde en el sitio que se ha de emplear, trasportando las calderas y hornillos en carretones hechos al efecto. Los mastics preparados como se indicó antes, se funden y se mezclan con la grava lavada y bien seca en cantidad de un 50 por 100 de esta. Se echa el asfalto colocando dos reglas de hierro cuyo ancho es el grueso que debe tener la capa de asfalto, y que con los bordes ó tapias se forma un encajonado; á medida que se concluye un trozo de enchapado se levantan las reglas y se transportan á otros trozos. Sobre el asfalto se suele tamizar grava ó arena para poder hacer mejor pié, y en las cuadras y portales se pasa un rodillo estriado. Tambien se pasa para igualar los demás pavimentos, pero sin estriar; debe hacerse esta operacion todavía en caliente.

En los enchapados de las aceras ó de pavimentos, el grueso de la chapa es de 12 á 15 milímetros; en el primer caso entran por metro cuadrado 20 kilógramos de mastic y 12 de grava; en el segundo 24 y 14.

Asfaltos laminados.

En la fabrica de Vitoria indicada anteriormente, se fabrican chapas de asfalto preparado para colocarse en revestimientos, cuyos precios se espresan en el apéndice.

Una de las mejoras ó modificaciones mas recientes introducidas en la fabricacion de chapas ú objetos de asfalto por Eduard Bowclyffe, consiste en moldearle sin fundir. Para esto se reduce á pol-

vo con el auxilio del calor, y se introduce en el molde de hierro ó de madera, se comprime por medio de una prensa, y de este modo se confecciona el objeto que se desea.

Puede mezclarse con piedra partida, grava ó arena, ó incrustar estos materiales en la superficie que se quiera, colocándolas en la cara del molde correspondiente. Tambien se prepara el asfalto del modo indicado anteriormente, y se coloca entre dos placas de hierro para pasarlas entre dos cilindros laminadores, y de este modo fabricar chapas.

Aplicacion del asfalto en polvo.

Para aplicar el asfalto en polvo en los pavimentos como se ha empezado á verificar, se machaca la piedra bituminosa y se coloca en aparatos especiales sobre planchas de palastro calientes, y se reduce á polvo por decrepitacion. Este polvo de 130 á 140 grados se estiende sobre una capa de mortero hidráulico bien seca. Despues se apisona y alisa con espátulas, y cuando tiene consistencia se pasa un rodillo.

Asfaltado de los terrados ó azoteas.

En los terrados se suele echar sobre una tela de lona clavada empleando tambien puro el asfalto, espolvoreándole despues con arena, para que la superficie blanca que forma refleje los rayos del sol.

Cuando el asfalto ocupa una gran estension garantiza de las filtraciones á los edificios.

Ventajas ó inconvenientes de los asfaltados.

La economía que resulta entre el empleo de la piedra ó el asfalto, depende de los precios de estos en cada localidad; siendo en general mejor la primera en parajes espuestos á choques ó de escesiva frecuentacion. En el puente real de Paris con un tránsito diario de 20,000 personas se desgastaba el asfalto, 0,0018 por año; depende el desgaste tambien de la calidad del asfalto. El empleo de este ofrece aun mas ventajas en el interior de edificios donde la temperatura influye menos que á la intemperie.

El asfalto tiene el inconveniente de no secarse tan pronto como la piedra.

No deben asfaltarse los sitios en que caigan grasas, como en los talleres de locomotoras, pues los deterioran.

Caliza bituminosa machacada para firmes.

El empleo de la caliza bituminosa machacada, tiene muy buena aplicacion para afirmados de carreteras.

Los asfaltos artificiales empleados á la intemperie, producen en general malos resultados.

Los asfaltos de buena calidad contienen 6 por 100 de aceites 60 de asfalto y 40 de materias terrosas.

Fabricacion en España.

El uso del asfalto se ha generalizado en Madrid. La empresa de Volcan adquirió hace algunos años la propiedad de las minas de as

falto de la provincia de Soria, estableciendo una fábrica en Fuente de Toba. Tambien en la provincia de Guipúzcoa se encuentran los asfaltos indicados que se esplotan por los propietarios de la fábrica de Vitoria que se ha mencionado.

En Torrelapaja, provincia de Zaragoza, existen asfaltos, y en el dia hay en Madrid una fábrica que prepara estos para la construccion de aceras y otras obras, produciendo escelentes resultados por su resistencia y duracion.

Empleo para cubrir hilos telegráficos.

La propiedad de ser impermeable el asfalto y no conducir la electricidad, hace se emplee para aislar los hilos telegráficos.

Ensayo.

Se ensaya la calidad del asfalto ó mineral bituminoso, introduciéndole en esencia de trementina ó aceite de nafta, y mejor en la *benzina*. Se seca bien el mineral y se pone en infusion; en ella se calienta, disuelve todo el betun, y filtrándola y haciendo se evapore en retorta de vidrio, queda el betun.

Las gangas que están mezcladas con el betun son calizas, arcillas areniscas ó cocas feldespáticas: la mejor es la caliza á riqueza igual de betun, se funde mas fácilmente.

La historia, composicion y usos del asfalto se trata en la obra de Huguenet publicada en 1848. Tambien puede consultarse un artículo del ingeniero belga M. Budin, inserto en los *Anales de obras públicas* de Bélgica de 1848.

Hormigon Coignet.

El llamado hormigon moldeado de Coignet ha tenido mucha aplicacion para construccion de tapias y otros objetos; está compuesto de 8 partes de arena de rio, 1 de tierra arcillosa cocida y pulverizada, 1 de cenizas de hulla pulverizadas, y 1 de cal hidráulica natural. Para baldosas emplea 5 de cenizas de hulla sin pulverizar, 1 de id. pulverizadas, 1 de tierra arcillosa cocida, 1 de arena de mina, 1,5 cal hidráulica. Para jambas, molduras, etc. 1 de ceniza de hulla pulverizada, 1 arcilla cocida, 3 arena de mina, 1 cal hidráulica. Todas estas materias se mezclan en un tonel.

Mastics ó Betunes.

Materiales á que se da este nombre.

Se da el nombre de mastics además de los asfaltos, á las composiciones que sirven para pegar ciertos materiales como la piedra, los tubos de barro de metal, etc.; y en este concepto las cales y cementos y el yeso pueden considerarse como mastics; vamos á dar cuenta de los que se usan en las artes bajo este nombre.

Para gabarros y retundidos.

Para aplicarse en frio—mastics de Dhil—se compone de nueve partes de arcilla, bien cocida ó ladrillo bien molido, y una de litar-

girio. mezclado todo con aceite de lino, tarda seis ó siete dias en endurecer. Antes de emplearse en la piedra, se moja esta para que no absorba el aceite; es bueno este mastic para retundidos de sillería, ladrillos y enlucidos; para esto se le amasa con aceite de lino ó de nueces, y exige para 25 litros de aceite un quintal métrico de mastic. Antes de aplicarlo se unta con aceite graso el sitio en que ha de aplicarse para que no absorba la tapia el aceite de lino. Sirve tambien este mastic molido con aceite de nueces para preservar la piedra, yeso, madera y hierro; se aplica en este caso con brocha.

En Madrid se usa un mastic compuesto de una parte de cera y dos de pez blanca, se derrite y se echa polvos de piedra. Se usa en caliente templando la parte á que se aplica.

Para porcelana y vidrio.

Cemento de diamante.—Se compone de agua de cola de pescado, con un poco de alcohol y goma, amoniaco ó resina; sirve para pegar porcelana y vidrio.

Para el vidrio se usa tambien albayalde y aceite secante.

Para piedras y porcelanas.

Se hace un mastic con veinte partes de arena y una de cal viva, mezclado todo con aceite de lino litargiriado, que se pone tan duro como arenisca.

El cemento mastic de 20 de arena, 10 de carbonato de cal, y el aceite de lino litargiriado, endurece en el agua.

Para el hierro.

Mastic para hierro maleable y fundido; 50 partes de limaduras de hierro, una de sal amoniaco, una de azufre.

Tambien se usa para unir piezas de las máquinas una mezcla de minio y aceite de lino, envolviendo la parte que se ha de soldar con estopas impregnadas en esta composicion.

El cemento Sorel de que se ha hecho mencion antes, se emplea para pegar el hierro; para esto se le mezcla con limaduras de este metal.

De fontanero.

El mastic de fontanero tiene tambien mucho uso en los aparatos de química. Es una mezcla de resina, sebo y colcotar, se añade á veces ladrillo molido: este mastic se aplica en caliente y se le hace flexible añadiendo sebo y cera.

El betun de fontanero, usado en Madrid, está compuesto de cal viva hidráulica ó comun, amasada con aceite comun de buena calidad, se mezcla y apisona con pison de madera en forma de cuña, y á medida que se va haciendo la masa, se añade polvo de cal y estopa. Suele mezclarse tambien escorias pulverizadas ó limaduras de hierro.

En el canal de Castilla se empleó un mastic de 4 partes de resina en polvo, dos de azufre, una de cera y ocho de polvos de piedra, que parece era muy sólido y unia bien á la piedra.

El mastic de Anstui es una mezcla en frio de goma elástica con nafta, añadiendo en la disolucion 2 partes de laca, y acabando de combinar todo en caliente. Segun se quiera obtener mas elasticidad se aumenta la goma elástica, se aplica á la pizarra, piedra, vidrio y metales, secando y limpiando bien el material á que se aplique. Para pizarra, vidrio y metales.

El mastic de Serrat está preparado con los óxidos de manganesa, de hierro, de zinc, sulfato de plomo y aceite secante, para lo cual se toman partes iguales de peróxido de manganeso, óxido de hierro, óxido de zinc y sulfato de plomo en polvo fino; suponiendo 100 partes de cada sustancia, se disuelven las 100 partes de zinc y las de plomo en 36 de aceite de lino ó cualquier otro secante, y se mezcla bien añadiendo poco á poco hasta adquirir consistencia óxido de manganeso y de hierro; se echa en mortero de hierro y se machaca, añadiendo hasta completar 200 partes del óxido de manganeso y hierro, y queda ya bien cuando se puede doblar sin romperse.

Las proporciones de aceite y óxido puede variar algo para ablandar mas ó menos el mastic.

Este mastic parece que puede reemplazar con ventaja y economía al hecho con el albayalde y el minio, y al de fundicion. Disuelto en aceite de lino, hace una buena pintura para el hierro y madera.

El mastic para hierro y vidrio de Walmark consta de 8 partes de pez griega y 2 de cera blanca desleidas y añadido 4 partes de óxido de hierro preparado, y 1 de trementina de Venecia; este mastic no sirve para altas temperaturas. Para hierro y vidrio.

Para unir los tubos de gas se emplean los siguientes mastics: Para tubos de gas.

El compuesto de litargirio y minio 9 por 100 en volúmen, sílice 50 por 100, piedra tierna 50 por 100; se emplea 4,6 litros de aceite por cada kilógramo; forma cuerpo y adhiere con cualquier material, pudiendo emplearse como pintura para preservar de humedad y oxidacion.

Otro.—Cal apagada y aceite de pescado.

Para retundir las puntas de los tubos se emplea cal viva y sebo en la cual se mojan las estopas.

En 1851 sacó Peter patente en Lóndres para un cemento ó mastic empleando las arcillas de la preparacion del sulfato de alúmina, y la cal que sirve para purificar el gas.

Se reduce la arcilla y la cal á polvo $^1/_3$ de la 1.ª en peso, y $^2/_3$ de la 2.ª y 0,5 kilógramos de sulfato de zinc para cada 4,543 litros de agua; se forman ladrillos, y se cuecen al calor rojo débil. Este cemento impide la vegetacion en los muros.

En los tratados de química se indican varios mastics para los aparatos y otros usos.

Otro mastic para tubería y otros usos.

El mastic Machabée fué presentado en la esposicion universal de 1855, y de él ha obtenido muy buen éxito, no solo para sustituir al plomo en los enchufes de tubos de hierro, sino para preservar de la oxidacion y conservar las maderas, habiendo producido muy buenos resultados en los buques y puertos en que se ha empleado. Tambien se aplica para preservar el yeso y mamposteria en sitios húmedos. Consta de 60 partes de pez grasa, 19 de asfalto (de Bastennes), 4 de de cera virgen, 3 de sebo de Rusia, 6 de cal hidráulica apagada espontáneamente, 6 de cemento.

QUINTA PARTE.

Del empleo y combinacion de los materiales descritos.

INDICADOS ya anteriormente los diversos materiales que se emplean para la construccion de obras de albañilería, trataremos de su aplicacion á las construcciones elementales de esta clase. Clasificacion de partes elementales de un edificio.

Pueden dividirse en general las partes elementales de un edificio que pertenecen á la albañilería en muros y bóvedas, subdividiéndose estas segun sus formas y aplicaciones.

Hay otras obras que exije un edificio como los revestimientos por medio de los morteros ó argamasas de las partes elementales indicadas, la construccion de pavimentos con los materiales cuya fabricacion se ha descrito; la de tejados y algunas otras que pertenecen á la albañilería.

Se han dividido las secciones de esta parte, incluyendo en la primera toda clase de muros ó paredes de ladrillo. En la segunda los dinteles y arcos; en la tercera las bóvedas, en la cuarta las mamposterías de piedra y mistas, de hormigon; tapiales y adobes; en la quinta los guarnecidos y decoracion de albañilería; en la sesta los Division en secciones.

suelos, techos, tejados y terrados; en la séptima las obras accesorias en un edificio; en la octava las herramientas y útiles para el trabajo, en la novena los andamios, los aparatos y útiles para las maniobras.

PRIMERA SECCION

DE LOS MUROS, TAPIAS Ó PAREDES Y TABIQUES DE LADRILLOS.

Clasificacion.

Se da generalmente el nombre de muros ó murallones á los macizos de fábrica que sirven para sostener tierras y para fortificacion militar. Paredes á los que sirven de cerramientos á los edificios ó divisiones principales de estos; sin embargo tambien se confunden con el nombre de muros. Tabiques son los que sirven para divisiones interiores. Reciben las paredes el nombre de tapias cuando se construyen de tapiales de tierra.

Consideraremos estas obras como elementos de edificios solamente, dándolas á conocer no por sus aplicaciones, que es fuera del objeto de este manual, sino por sus formas y construccion.

Subdivision de los muros.

Subdividiremos los muros ó paredes por sus formas, en planos; cilíndricos, alaveados y mistos. En cuanto á la posicion de sus paramentos, en rectos, en oblicuos y en talud.

Los muros planos rectos tienen los dos *paramentos* ó superficies que comprenden el grueso, verticales y paralelos· el paramento visible recibe el nombre de *cara*. El grueso del muro depende de la clase de construccion á que haya de aplicarse, y la determinacion de este espesor á la mecánica. Cuando queda descubierto uno de los paramentos, se dice que está la construccion á un *haz*, y á dos cuando lo están ambos.

Tabiques.

Los tabiques son macizos ó paredes delgadas que tienen de $^1/_3$ á $^1/_2$ pié de grueso. Se distinguen por citaras desde $^3/_4$ á 1 pié. Tambien reciben en este caso el nombre de tabicon ó tabique maestro. Todos estos se construyen de ladrillo solo ó con entramados de madera.

Reducidos al menor espesor empleado en las construcciones, pueden considerarse los tabiques de *panderete*. Empezaremos por

estos para indicar las aplicaciones del ladrillo. Los panderetes sencillos tienen el grueso del ladrillo ó baldosa.

Cuando se hacen entramados, se fijan estos á los suelos y paredes, y con ellos se forman los compartimentos que se han de llenar con el ladrillo ó baldosa; la construccion de aquellos corresponde á la carpintería. Las citaras con entramado exigen levantarse desde la planta, y se forman con piezas de madera de su grueso, formando telares que se entomizan, y los claros se forjan ó macizan con ladrillo ó con témpanos de yesones ó cascotes provenientes de los derribos.

Es necesario cuidar al construir los tabiques que sus paramentos queden verticales, y todos sus puntos en su plano. Para estos se fijan listones en el sentido vertical, en los estremos y algunos puntos intermedios del sitio en que ha de construirse el tabique, y se atirantan cuerdas de uno á otro: tambien se usan reglones que apoyados en los verticales sirven para dirigir la construccion. A la cuerda atirantada se la suele dar el nombre de *tendel*; sin embargo, este nombre se aplica tambien á la capa de argamasa empleada para la union del material, como se esplicará mas adelante.

Los ladrillos ó baldosas en los panteretes se colocan con sus caras verticales, pegados por los cantos; el material que se emplea para esta union es el yeso, porque fragua pronto y hace se sostenga el ladrillo.

El ladrillo ó baldosa se va colocando desde la parte inferior por hiladas horizontales, cuya altura será el ancho del ladrillo, verificándolo á juntas encontradas para que haya el enlace suficiente en la obra; esta regla es general para las demás paredes. Antes de sentarlos se guarnecen tanto los cantos de los ladrillos inferiores como los del ladrillo que se va á sentar con la cantidad conveniente de argamasa de yeso. Se sienta apretándole con la mano y quitando con la paleta (1) el esceso de argamasa que refluye por las juntas; operacion que verifica el albañil colocando el ladrillo con la mano izquierda y manejando la paleta con la derecha, debiendo servirle el material necesario el peon de mano que es el destinado á este servicio y hace la argamasa. En vez de cuerda para guiar la construccion del paramento, se suele poner un tablero, el cual se va corriendo á medida que avanza el tabique, apuntalándole del modo conveniente, ó se clava al entramado, y esta operacion se verifica

(1) En la seccion correspondiente se describen los útiles y herramientas.

tambien cuando se construyen entramados gruesos con los témpanos ó cascotes de los derribos.

Se construyen panderetes dobles *doblados*, del grueso de dos ladrillos ó baldosas, bien sea unidos ó pegados, ó bien separados entre si para formar los tabiques llamados *sordos*, es decir, para evitar que el ruido de una habitacion se oiga en la inmediata.

Con el objeto de evitar los pandeos que podrian tener lugar en el tabique, al aumentar de volúmen el yeso de la argamasa, se deja un huelgo entre la parte superior y el techo.

Para no cargar todo el peso del tabique sobre el suelo, se construyen *colgados* ó al *aire* con listones: se trasmite á los costados el mayor peso de la construccion, colocando dos piezas principales del entramado ó telar oblícuas, con sus estremos inferiores apoyados en las tapias. El telar se entomiza para que agarre el yeso. Se construyen tambien los tabiques con trozos formados de yeso y cascote moldeados en gradilla; puede hacerse una ranura cilíndrica en los cantos, las cuales, despues de juntas, se llenan con yeso claro. Hay que cuidar al construir los tabiques, apuntalar con listones los marcos de puertas ó ventanas que haya en ellos, para evitar se pandeen.

Cuando el grueso del tabique tiene el ancho del ladrillo recibe el nombre de *cítara de soga*, y tambiee pared de *media asta*. El asiento del ladrillo es de plano; se construye colocando este por hiladas horizontales y á juntas *encontradas ó trocadas*, que tambien se llama en *llave*, es decir, cubriendo la hilada superior las juntas de la inferior y asi sucesivamente.

Del mismo modo que se dijo para los tabiques, es necesario que los paramentos sean verticales y planos. Para conseguirlo se colocan reglones verticales á las distancias convenientes, los cuales se enfilan en la direccion que han de tener los paramentos empleando la plomada para colocarlos verticales. Por medio de cuerdas atirantadas horizontalmente de un reglon á otro se va guiando la hilada del ladrillo, á medida que se van subiendo estas. Si la plomada se aparta de la pared, estará entrante por abajo el paramento, y se dice que está *colgante*; si viceversa, la plomada se apoya en ella que está *rastrera*. Para ver si están de nivel ú horizontales las hiladás, se emplea un reglon sobre el cual se coloca el nivel de albañil, como se dirá al tratar de este.

Es preciso mojar el ladrillo antes de colocarle en obra, operacion que verifica el albañil teniendo á su lado un cubo con agua, en el cual introduce el ladrillo con la mano izquierda, y con la derecha

tiene la paleta; estiende con ella la mezcla que se ha echado en medio de la pared para formar el tendel, y asienta inmediatamente el ladrillo apretándole con la mano y con el mango de aquella; con el corte quita el mortero que rebosa, corriendo la punta de la paleta por la junta, rellena los huecos, y así sentada y metida en mezcla una hilada, se pasa á la siguiente. A veces suelen correr una regla de canto para enfoscar en vez de usar la paleta.

Para las cítaras basta estén colocados de un solo lado los albañiles; en las paredes mas gruesas se necesita estén por ambos paramentos.

El *tendel* ó tendal, que es la capa horizontal de la mezcla que se pone para pegar ó unir las hiladas, debe no esceder de cierto grueso; cuando este es considerable economiza el ladrillo; pero se produce mas asiento en la obra, y cuando los paramentos quedan aparentes como sucede en las paredes de fachada produce mal efecto á la vista. Por esto es necesario que el tendel tenga un grueso que sea suficiente para unir los ladrilos, y al mismo tiempo no haya esceso de mezcla: cinco milímetros se considera un término medio suficiente para dicho grueso. Cuando el tendel es muy delgado se dice está la fábrica á *hueso*; sin embargo que el límite de esto es el tocarse las caras por sus juntas, lo cual seria perjudicial, pues haria que se estropeasen algunas aristas y además no habria la union conveniente en el material: con los ladrillos de reborde puede estar en apariencia á hueso la fábrica.

La separacion vertical de los ladrillos en el sentido de sus cantos ó las *llagas* debe ser tambien pequeña porque sino producen mal efecto cuando queda aparente. En el caso de revocarse encima admite mas latitud, sin embargo, no conviene escedan de dos centímetros.

La figura 182 representa la proyeccion horizontal de una cítara de soga; las líneas de puntos indican las hiladas inferiores; los ladrillos están colocados de modo que las juntas de una hilada vengan á parar á los medios de la inmediata. Figura 182.

Los preceptos anteriores respecto de los tendeles, llagas y modo de fabricar, tienen aun mayor aplicacion á las paredes de mas grueso, pues las cítaras sirven para divisiones interiores, y suelen emplearse recibidas con yeso y con entramadoss.

Citaras de asta. Figuras 183, 184 y 185

Cuando el macizo tiene de grueso el largo del ladrillo, recibe el nombre de cítara de *asta*, y en este caso relativamente á la colocacion de hiladas, modo de guiar la construccion y tendeles, se siguen los mismos preceptos que se han dado en el anterior. En cuanto á los enlaces y disposicion del ladrillo se indican en las figuras 183,

184 y 185 que representan varios enlaces ó *trabazones*, empleando ladrillos enteros. Las lineas de puntos representan la hilada inferior. En la 183 los ladrillos de una hilada están colocados de *asta*, es decir, el canto mayor del ladrillo en el sentido del grueso del muro y la siguiente, compuesta de dos ladrillos á lo ancho á juntas encontradas con la primera; en la 184 las hiladas están compuestas de ladrillo á *soga* y asta alternativamente. En la figura 185 alternando dos ladrillos á soga y dos de asta en las diferentes hiladas, como se indica en *a* hay mal enlace; debe hacerse para que resulte mejor combinacion de juntas de un ladrillo de asta solo en vez de dos alternando con los que están á soga como en *b* para que se crucen las juntas; pudieran hacerse otras combinaciones, pero no se prestarian la mayor parte como las anteriores para que resulte la alternativa de juntas convenientes para la trabazon del material, empleando ladrillos enteros.

Paredes de asta y soga.

Para gruesos mayores que los anteriores se hacen las *paredes* de ladrillo de asta y media, para lo cual se colocan alternativamente á *soga* y *asta*, es decir, el grueso del muro está compuesto con ladrillo á lo largo y á lo ancho para que haya el enlace conveniente, siguiéndose los preceptos indicados antes.

Figuras 186, 187, 188, 189, 190 y 191.

Las figuras 186, 187, 188, 189, 190 y 191 representan varias disposiciones en esta clase de fábrica; en el último se llenan los huecos con cascote de ladrillo. En la 191 se representan dos disposiciones distintas; las hiladas se colocan sucesivamente á juntas encontradas; la figura 188 es una trabazon sencilla y económica, por poderse emplear el desperdicio del material para los rellenos.

Paredes de doble asta, triple, etc.

Cuando el grueso del macizo escede del largo de ladrillo y medio, se emplean las combinaciones de dos y medio, tres, etc.

Figuras 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198 y 199.

Las figuras 192, 193, 194, 195 y 196 representan varios enlacee de doble asta, la 197 y 198 de dos y media asta, incluyendo en las 192, 194, 198 y 199 dos clases de trabazones distintos.

Fábrica á la española.

La fábrica á la *española*, que es la que se usa generalmente en Madrid y ótros puntos, consiste en colocar los ladrillos de asta, cualquiera que sea el grueso de la pared escediendo de un pié. Para esto van sentando los oficiales por cada paramento ladrillos de asta alternando con medios, y si queda hueco se rellena con otros enteros ó cascote. Este medio es bueno, pues pueden levantar á la vez ambos paramentos con facilidad y resulta la trabazon conveniente teniendo cuidado de poner las hiladas á juntas encontradas. En el caso de ser de doble asta la pared, resultará la disposion indicada en *a*, figura 194.

Aparejo á la americana.

En la fábrica á la *americana* suelen ponerse cuatro ó cinco hila-

das á soga, luego otras de asta, y así sucesivamente, pero no resultan buenos trabazones de esta disposicion.

El aparejo holandés está representado por la figura 200; consiste en colocar las hiladas oblícuas ó inclinadas respecto de los paramentos del muro, lo cual produce buen enlace; pero es necesario cortar las cabezas ó *cabeceras* del ladrillo, y esto complica la construccion. Aparejo holandés. Figura 200.

En Toscana se emplea mucho el ladrillo en las construcciones de edificios, y se combina en las fachadas formando tableros, clarabo-yas y calados, disposiciones de muy buen efecto en edificios rústicos. Aparato toscano. Figuras 201 á 208.

Las figuras 201 á 208 representan estas disposiciones. La figura 201 es la proyeccion vertical, y la 202 la horizontal de enlaces de ladrillos en un muro macizo figurando tableros huecos al esterior. Las 203, 204 y 205, disposiciones de muros calados para cerramientos rústicos, y las 206, 207 y 208 otros análogos para pretiles enverjados.

Estos calados tienen muy buenas aplicaciones para cerramientos que permitan circular el aire en el interior del local; así es que en la fábrica auxiliar de la industria de Barcelona se han construido paredes caladas combinando ladrillos de canto para ventilar los secaderos de telas.

Los romanos construyeron muros con ladrillos triangulares, colocando uno de los lados en los paramentos y los huecos que dejaban estos entre sí, los rellenaban con hormigon ó mampostería; la figura 209 representa la seccion horizontal de una pared de esta clase. Aparejo romano. Figura 209.

La disposicion de los muros formados con ladrillos huecos, descritos al tratar de la fabricacion de estos, se indica en las figuras 210, 211 y 212, que representan el corte ó seccion vertical, inclusa la albardilla ó coronacion y base para ver las distintas formas que suelen emplearse. Muros de ladrillos huecos. Figuras 210, 211 y 212.

Para ornato de las paredes de fachada suelen hacerse *almohadillados*, estos consisten en la disposicion de los ladrillos de ciertas hiladas mas salientes, dependiendo el número de las hiladas que han de quedar retiradas de la distribucion de aquellos que se hagan en la obra; la figura 213 representa la seccion vertical de un muro en el cual la *canal* del almohadillado es del grueso de dos ladrillos. Almohadillados. Figura 213.

Tambien pueden dejarse los lienzos ó muros con ladrillos colocados en los paramentos que sobresalgan alternativamente las hiladas, bien por sus lados ó por sus ángulos. En la estufa de los jardines del Campo del Moro, en el palacio real de Madrid, hay una

disposicion de esta clase; esto produce un aspecto rústico agradable.

Cualquiera que sea la clase de pared que se construya debe sentarse sobre cimiento bien nivelado, para lo cual se pasan varios puntos con el reglon y nivel de albañil, pues de lo contrario no podrian hacerse las hiladas horizontales. El replanteo se hace por medio de listones verticales, los cuales, á medida que se sube se pegan al paramento con yeso.

Muros en rampa sardinel. Se construyen muros rectos que no tienen la misma altura en toda su longitud, sino que están terminados por un plano inclinado, y se designan con el nombre de *muros en rampa*; estos tienen lugar en las aletas de tajeas, alcantarillas, pontones y puentes; en los muros laterales de escalinatas y en otras obras. La construccion es la misma que la indicada en los casos anteriores, solo que al llegar á la línea inclinada hay que rasarla con la misma mezcla ó cascote, pues dejan escalones los cantos de los ladrillos, ó cortar los cantos de estos segun pida la inclinacion de la línea.

Para sujetar la fábrica se pone sobre esta el *sardinel* formado de Figura 214. ladrillos de canto como se indica en la figura 214. Los *sardineles* se construyen tambien en los edificios para figurar las jambas, cornisas, fojas, etc., segun se esplicará mas adelante. En la coronacion de las aletas se emplea tambien sillarejo ó silleria.

Encuentros. Cuando dos paredes rectas de ladrillos se cortan, bien sea formando esquina ó rincon, es necesario enlazarlas trabando el material, pues si solo se juntasen, formarian macizos separados. La figura Figura 215. 215 indica un enlace cuando se cortan en ángulos rectos en el cual se sobreponen alternativamente las hiladas segun se indica en *a*, de modo que el lomo ó canto mayor esté en un frente, y la cabecera hácia el otro combinándose como en *b*, pero es en general mejor el primer método. Cuando el ángulo no sea recto, hay necesidad de cortar las cabezas de los ladrillos con el desvío que tenga la cara, á cuyo *haz* está situada. Esto puede evitarse cuando el paramanto no queda aparente ó el ángulo es poco sensible, remetiendo ó abriendo algo los ladrillos, cubriendo los huecos con mezcla.

Cuando hay que trabar una tapia nueva con otra vieja, suelen desunirse despues, en razon á los asientos desiguales que se verifica al secarse los morteros de la parte nueva. En este caso deben hacerse tendeles delgados.

Cuando se levanta una pared que se supone ha de prolongarse en lo sucesivo, se deja su estremo con *adarajas* formadas de dentellones y vacios por medio de ladrillos salientes.

Figura 216. Suele formarse con frecuencia para arquetas de riegos, estan-

ques encofrados en los piés de árboles, etc., *paredillas* con ladrillos de canto; en estos casos hay tambien que unir los ladrillos de las esquinas. La figura 216 representa uno de estos casos indicándose en ella tres disposiciones distintas. La mas sencilla y suficiente en estos casos, es la representada en *A*, puesen las otras exige cortar los ladrillos, y vienen á resultar algunos trozos demasiado pequeños.

Se da el nombre de muros en esviaje á los que no tienen un espesor igual de un estremo á otro; pero sus caras pueden ser verticales y planas; se construyen con frecuencia esta clase de muros para formar aletas ó *muros en ala* en las embocaduras de los arcos de puentes ó alcantarillas cuando quiere conservarse vertical el paramento esterior. La figura 217 representa la planta, y la 218 proyeccion vertical ó alzado en uno de estos casos. Muros en esviaje. Figuras 212 y 218.

Estos muros que sostienen las caidas del terraplen, van siendo menores hácia los estremos en razon á la menor altura que va teniendo este hasta la base.

El enlace del ladrillo es el mismo que en los muros rectos, empezando las hiladas por la cara visible *a b*, y siguiendo la colocacion hasta la cara posterior *c d*, la cual, cayendo del lado del terraplen, queda cubierta, y no importa haya resaltos formados por las cabezas de los ladrillos, pues no seria económico ni necesario cortar dichas cabezas con el esviaje de la cara interior. La figura indica varias disposiciones que pueden darse al ladrillo.

Los muros que tienen inclinado uno de sus paramentos ó ambos, de modo que el grueso disminuye sucesivamente hácia la parte superior, recibe el nombre de muro en *talud* ó con *talud*; tienen aplicacion para sostener tierras, contrafuertes, etc. En general el paramento interior es vertical ó escalonado. Muros en talud.

La figura 219 representa la seccion vertical de un muro que uno de sus paramentos está en talud. El ladrillo se pone por hiladas horizontales como se ha dicho, al tratar de las paredes ó muros rectos; pero es preciso retirar estas sucesivamente de modo que sigan sus aristas la inclinacion del talud, ó cortar las cabezas de los ladrillos con esta inclinacion por medio de plantillas ó patrones que se cortan en una tablilla delgada, operacion que se llama *aplantillar*. El primer método se sigue cuando no exige mucho esmero la construccion y es mas económico sin que haga mal efecto á la vista, cuando es pequeña la inclinacion del talud. Figura 219.

Tambien pueden colocarse como indica la seccion vertical, figura 220 normales á la línea *a b* del talud. En este caso es mas complicada la construccion; tiene la desventaja de estar mas espuesta á que se forme vejetacion en las juntas. Figura 220.

Cuando es muy inclinado el talud, se usa la disposicion representada figura 220(2).

Figura 220. (2)

Para construir los muros en talud, se colocan guias de listones ó reglones gruesos con la inclinacion que ha de tener el paramento, y tambien se emplea el nivel de talud que se describirá al tratar de las herramientas y útiles; en estas guias se apoyan reglones ó se atirantan cuerdas horizontales para dirigir las hiladas. En algunos casos se suprimen las guias fijas y se emplea solo el reglon y la plomada para formar el talud.

Encuentros de muros en talud.

Cuando dos muros en talud se encuentran, suponiendo que la inclinacion es la misma en ambos, se siguen los preceptos indicados para los encuentros de muros rectos, respecto del modo de trabar los ladrillos. Tanto en estos, como en los encuentros de muros rectos, cuando el ángulo es agudo en las esquinas, resultan débiles y fáciles de destruir por cualquier choque, por lo que es conveniente emplear materiales mas resistentes como sillares ó sillería, y en este caso, las uniones se hacen como se indicará al hablar de las mamposterías mixtas; sin embargo, es lo mejor en estos casos *robar* los ángulos achaflanándolos con un corte plano, ó redondeándolos.

Muros en esviage y talud. Figuras 221, 222, 223 y 224.

Los muros en *esviaje* y talud resultan de la combinacion de los dos casos últimos; es decir, que al mismo tiempo que van disminuyendo de grueso de un estremo á otro, tambien disminuye este hácia la parte superior por tener una de sus caras en talud. Este caso es muy frecuente en las aletas de puentes ó alcantarillas, haciendo la parte mas gruesa la que tiene mayor altura de tierras que resistir.

La figura 221 es la proyeccion horizontal, la 222 la proyeccion vertical de un muro de esta clase, y la 223 una seccion vertical por el estremo mayor del muro. En la trabazon de estos muros hay que tener presente algunas circunstancias que vamos á indicar.

Suponiendo la figura 224 sea una seccion horizontal dada por la base, *a b*, es la posicion del frente del puente ó muro al cual va unido el estremo mayor; *b m* el frente. Si se colocasen los ladrillos de asta en direccion paralela al paramento del puente como el *g*, resultaria con cortes oblicuos en su cabeza, y colocando el de *soga* en el sentido de la aleta abririan demasiado las juntas *l*, ó habria que cortar el ladrillo como en *f*; es mejor asentarlos normalmente á la linea *b m* en el paramento, segun se indica en *i*; de este modo solo hay que aplantillar el ladrillo con la inclinacion del talud; si se quiere que resulte un paramento esmerado, ó de no, dejar el ladrillo escalonado como se indicó al tratar de los murosen talud ; de

otro modo habrian de cortarse ademas con la inclinacion del esviaje, resultando por consiguiente mayor complicacion y coste. En el paramento interior importa poco que resulten las desigualdades consiguientes á esta colocacion, ó cortar grose sin esmero. Con esta disposicion puede trabarse con el paramento del estribo, segun se indica en *h*.

Para construir estos muros se marca en el paramento del estribo *a b*, á la cual une el muro una línea con la inclinacion del talud *c b*, figura 223. Se pone un liston ó bastidor que sirva de guia y otro en el estremo *m*, figura 224, y se atirantan cuerdas de uno á otro, dividiéndolas en partes iguales.

Muros de paramentos curvos.

Los muros cuyos paramentos se hacen curvos, son generalmente en la práctica cilíndricos, cónicos ó alaveados.

Muros cilíndricos.

Los muros pueden tener uno de sus paramentos cilíndricos ó ambos á la vez. Se dice que un muro es *cilíndrico recto*, cuando su paramento es vertical; pueden ser tambien en esviaje ó en talud, ó ambas cosas á la vez. Divisiones de estos.

Las bases ó plantas de los muros cilíndricos y las secciones hechas á cualquiera altura de ellas paralelamente á la base, pueden ser circulares, elípticas, ó afectando cualquiera de las curvas que se esplican en los tratados de geometría, dependiendo esta forma del uso á que esté destinado, y cuya disposicion, traza y replanteo pertenece al director ó aparejador de las obras; generalmente la forma circular ó elíptica es la que tiene mas aplicaciones.

Si los paramentos esterior ó interior del muro son curvas que tienen el mismo centro en todas las secciones hechas á diferentes alturas, resultan de grueso uniforme y paralelos estos paramentos entre sí. Los muros circulares en *esviaje* van adelgazando hácia un estremo, y los arcos de su planta ó seccion, tienen distintos centros.

La figura 225 representa la planta de un muro cilíndrico formado de dos círculos concéntricos *a e b d*.

Estos muros, del mismo modo que los que se indicarán despues, pueden formar cerramientos completos, como torres, depósitos, etc. ó ser trozos que se construyen en cierta estension para unirse á otros; Muros cilíndricos rectos, de distintas formas.

pero lo que se diga del aparejo y construccion de un trozo de ellos es aplicable á cualquiera de los casos citados.

Trazados los círculos *a c* y *b d* de la base, se pueden emplear diferentes clases de trabazones del ladrillo, como se dijo al tratar de los muros planos; pero resultan algunas dificultades cuando son de mucha curvatura, ó en general que sean mas ó menos cerradas. Cuando son de gran rádio puede emplearse los ladrillos en la misma disposicion que en los muros planos, sin aplantillar aquellos para formar la curvatura, y sin que abran demasiado las juntas en la parte convexa.

Figuras 225 y 226. En la figura 225 se supone ser el rádio tal, que pueda hacerse la trabazon como en los muros planos, resultando pequeño el esceso de llaga ó junta entre los ladrillos de la parte convexa; pero si como sucede en la figura 226 es corto el rádio, abriria mucho las juntas *a* de la parte convexa del muro, y se juntaria demasiado en *b*, y al contrario por la parte cóncava se tocaria en *d* y abririan por *c*. Siendo corto el rádio, debiendo quedar las caras aparentes, y si se quiere una fábrica esmerada, es necesario aplantillar el ladrillo con el objeto de que siga la misma curvatura de los paramentos, sus cantos aparentes, y sean normales los interiores á dichos paramentos. Estas plantillas se colocan en una de las caras del ladrillo, cortando el esceso de este con la alcotana. Si no se quiere cortar el ladrillo en cuña, habrán de quedar muy separados los estremos interiores.

En la mayor parte de los casos que tienen lugar en la práctica, resulta que puede dejarse sin aplantillar el ladrillo, pues sus dimensiones son muy pequeñas y se adaptan sin defecto notable á la curvatura del muro.

Esta clase de muros suelen tambien emplearse en pretiles de escalinatas ó en aletas, formando rampas por la parte superior, y entonces el sardinel de ladrillo no tiene buena aplicacion por resultar muy abiertas las juntas en la parte convexa, á pesar que estos defectos son mas ó menos aparentes segun sea el rádio de la curva.

Figuras 227 y 228. Cuando tienen distinto grueso estos muros en su estremo, como sucede con las aletas, segun se indica figura 227 en planta ó seccion horizontal, y 228 en proyeccion vertical ó alzado, en la trabazon de los ladrillos se tendrán presentes las mismas observaciones hechas para los muros rectos en esviaje; poco importa las desigualdades que puedan resultar en los paramentos ocultos.

Cuanto se ha dicho de los muros cilíndricos de base circular, es aplicable cuando sean elípticos; pueden ser tambien muros

de igual ó desigual espesor. Un caso que suele ocurrir de esta especie, es cuando se forma un cerramiento que haya de cubrirse con bóveda eliptica; entonces en razon á los mayores empujes en el sentido del eje mayor, es necesario dar mas espesor al muro en dicha parte; la figura 229 representa la planta ó seccion horizontal. Cuando es mucha la curvatura y se coloca el ladrillo normal á la cara esterior, resultan demasiado abiertas las juntas esteriores, ó bien si se aplantillan los ladrillos resultarian demasiado estrechos por la cola ó parte interior del muro. Se supone en *d* aplantillado el ladrillo y lo mismo en *c*; en las demás se indica el sentido en que abren las juntas. Figura 229.

Para que resulte una distribucion regular del ladrillo, se colocan al levantar las hiladas primero por ambos paramentos, y se maciza el interior con ladrillos enteros ó cascotes adaptados lo mejor posible á la forma de los vanos que resulten: varias son tambien las combinaciones que pueda hacerse con el ladrillo de estos muros; pero lo mismo que se dijo al tratar de los rectos, la fábrica á la española tendrá buena aplicacion.

Los muros cilindricos rectos pueden tener por objeto el unir dos muros rectos que forman un ángulo y redondear las esquinas.

Para construir un muro cilindrico hay que colocar guias y plomadas como se dijo al hablar de los muros rectos, con el objeto de que se conserve vertical en toda su altura, y al mismo tiempo tienen tambien que conservarse todas sus secciones horizontales con la misma curvatura.

Trazada la curva en la planta y colocada la primera hilada de ladrillos, si se levantase la fábrica sin precauciones resultarian los paramentos defectuosos. Para evitarlo se cortan cerchas que son plantillas curvas que generalmente se hacen de tabla de chilla, se colocan á cierta altuɹa apoyándose en las guias verticales; desde el perímetro de estas se bajan las plomadas para guiarse mejor, ó bien sobre cada hilada se va colocando la plantilla á medida que se levanta el muro para rectificar los defectos de curuatura que hayan resultado en la colocacion del ladrillo.

Muros de sostenimientos cilindricos. Figura 230.

Puede haber necesidad de construir muros de ladrillos cilindricos, cuyo paramento no sea vertical como en los casos anteriores, sino un cilindro horizontal, lo cual tiene aplicacion en los muros de sostenimiento, muelles, etc. La figura 230 representa una seccion vertical de un muro de esta clase. Si se hace el asiento de los ladrillos, en el paramento por hiladas horizontales resultarán cortes curvos muy agudos en el ladrillo, y mas esposiciou á salirse de su sitio

por el empuje de las tierras, si se emplean como muros de sostenimiento, por lo que en estos casos se debe colocar una ó mas hiladas normales al paramento segun indica la figara.

Muros cónicos.

Conos rectos ú oblícuos. Figuras 231, 232 y 233.

Para redondear el encuentro de dos muros en talud se construyen muros cónico. Supondremos trazadas las curvas, pues este trazado no es de nuestro objeto y trataremos del aparejo que debe adoptarse para la colocacion del ladrillo. La figura 231 representa la proyeccion horizontal, de un muro cónico de espesor desigual en sus estremos que se supone estar destinado para unir entre si dos muros de distinto talud, cuyas secciones por *a g* y *n c*, figura 531, son las figuras 232 y 233. Cuando la construccion sea esmerada por quedar el muro aparente y la curvatura escesiva, habrá que aplantillar el ladrillo, lo cual es mas complicado que en los casos anteriores, por exigir una plantilla para la cara plana superior, y otra en la inferior. Estas sirven de directriles de la superficie.

En este caso cada hilada tiene radio distinto, y por consiguiente exige plantillas distintas. Cuando no sea la construccion esmerada puede dejarse el ladrillo sin aplantillar, retirando las hiladas segun marque la linea del talud.

Para dirigir las hiladas, suponiendo que *a b c d e* sea la proyeccion horizontal de la superficie cónica. figura 231, y *e d f g* la coronacion ó grueso del muro, trazada la base se divide en cierto número de partes y se colocan *bastidores*, cuyo liston esterior *s m*, figura 233, tenga la inclinacion del muro; suelen tambien construirse unas cerchas curvas horizontales que colocada en la parte superior ó coronacion *e d*, figura 231, está dividida en el mismo número de partes que la base para atirantar cuerdas ó fijar reglones que guien la superficie, segun se indica en 1, 2, 3, 6, *m n*, figura 231.

En el caso indicado antes, la superficie que resulta es un trozo de cono truncado por un plano paralelo á la base, pero tambien se construyen algunas veces trozos de cono, cuyo vértice está en uno de los muros al cual se une, ó en el rincon formado por el encuentro de dos muros. Este caso último tiene lugar cuando se quiere unir por medio de una superficie cónica el estribo de un puente, ponton, etc., y scs aletas, lo cual indica en la figura 234, proyeccion horizontal, y 235 proyeccion vertical. *B* es el paramento del estribo, *A* las proyecciones del cono

Muros alaveados.

Es necesario construir algunas veces muros en que la linea de paramento de uno de sus estremos es vertical, y la del otro estremo es inclinada, ó ambas inclinadas bajo distinto ángulo. Tambien pueden ser lineas curvas estas directrices; tienen una aplicacion frecuente en la construccion de aletas.

Estos muros son fáciles de construir, particularmente cuando las dos directrices indicadas antes son lineas rectas. La figura 236 representa la proyeccion horizontal, y la 237 la proyeccion vertical. La linea directriz que se supone la 1 *d* es inclinada, y está representada en proyeccion horizontal por *a b*; *Cn*, estremo de la aleta, es vertical, y se representa en proyeccion horizontal por un punto *C*. Figuras 236 y 237.

Las lineas que sirven para dirigir la construccion, ó sean las del tendel, son horizontales que se apoyan sobre puntos marcados en las dos directrices á iguales alturas.

Para construir estos muros se coloca el liston 1 *d* apoyado en el muro, al cual enlaza la aleta que es el de frente de la obra y el liston *Cm* vertical al remate de la aleta; este último se divide en tantas partes iguales á partir desde el suelo, como sean las hiladas de ladrillo contando con el tendel; el reglon inclinado de este lado 1 *d*, se divide en el mismo número de partes.

Las divisiones que resulten en el liston inclinado serán la hipotenusa de un triángulo rectángulo en que uno de los catetos es la distancia vertical entre los dos planos que terminan las hiladas.

A medida que va elevándose la construccion, se tiende un cordon ó cuerda delgada, ó un reglon si alcanza, poniéndole horizontal en las divisiones correspondientes, las cuales deben numerarse y se ponen puntos para fijar la cuerda.

La construccion es análoga en el caso que sean dos lineas inclinadas las directrices, ó una recta en un estremo y una curva en el otro, ó cualquiera de las combinaciones que pueden resultar.

Apoyos aislados.

Las figuras 238 y 239 representan dos secciones horizontales de un pilar rectangular, en las cuales se indican diversos aparejos para la colocacion del ladrillo. Debe cuidarse no resulten juntas en las esquinas; por la disposicion indicada en *B*, figura 238, resulta mejor combinacion que en *A*; pero se traba generalmente el ladrillo á soga y asta como en *C*, figura 139, ó á la española. Figuras 238 y 239.

Figuras 240 y 241. Las figuras 240 y 241 representan dos secciones horizontales de un apoyo poligonal en las cuales se indican diferentes combinaciones del ladrillo. En las esquinas hay que cortarlos con el ángulo que exija el pilar. No debe caer ninguna junta en estas.

Figura 242. La figura 242 representa la seccion horizontal de un apoyo circular. Si el radio es muy pequeño y la fábrica aparente, habrá necesidad de aplantillar el ladrillo para que no resulten juntas demasiado abiertas al esterior.

Las fachadas de los edificios suelen decorarse con pilastras ó columnas formadas, ó como suele decirse, *criadas* con la misma pared. En estos casos se siguen las mismas combinaciones anteriores, trabando en los encuentros el ladrillo.

SECCION SEGUNDA.

DINTELES Y ARCO DE LADRILLO.

Dinteles. Los dinteles que tambien se denominan *arcos á regla* ó *adintelados* construidos de ladrillo, tienen aplicacion en las puertas y ventanas de los edificios, están terminados en su parte inferior por una linea recta.

No podrian construirse estos dinteles, aun empleando buenos cementos para unirlos, sin esposicion á ruina cuando cargase la obra sobre ellos, si se colocasen los ladrillos con sus juntas verticales: asi es que se ponen á juntas inclinadas, de modo que las caras se dirigen á una línea normal á los frentes, la cual se proyecta en el plano de ellos en un punto que es el centro, á donde se hacen concurrir dichas juntas. Los ladrillos se presentan de canto en el frente del arco, y los planos ó caras de estos se representan en dicho frente por una linea recta.

Figura 243. La figura 243 representa un dintel *a b f g*, en el cual se manifiesta lo que se ha indicado antes respecto de su construccion.

El método mas general de verificarlo consiste el trazar en la montea desde dos estremos *a* y *b* dos arcos de círculos con el radio *a b*, y hacer que concurran al centro *c* las líneas de junta.

Generalmente se colocan los ladrillos de modo que su longitud forma el grueso del dintel ó de *asta* presentando los cantos en el frente. Tambien se hacen dobles ó de mayor grueso, y algunas veces del ancho del ladrillo ó de media *asta*.

Cuanto mayor sea la abertura del ángulo, tanto mas se desvian las juntas por su parte superior: así es que si la fábrica quedase al descubierto, seria necesario aplantillar el ladrillo en forma de cuña.

Para dirigir la construccion puede ponerse un travesaño *d e* ó mejor un liston vertical con el cual se marca el centro *c* con un clavo, y atando en este una cuerda ó fijando el estremo de un liston, ir apoyándole sucesivamente sobre *a b* para dar la direccion al ladrillo. Tambien puede hacerse por medio de dos reglones fijados en *a b* y divididos en el mismo número de partes; una cuerda ó regla apoyada sucesivamente en estos, marcará la direccion de los ladrillos.

El triángulo puede formarse de lados desiguales, de modo que el punto estuviese mas alto ó mas bajo que en el método anterior; pero en el primer caso abririan demasiado las juntas, y en el segundo, aunque se corregia este inconveniente, es menos sólida la construccion; por esto se toma como término medio el triángulo equilátero indicado en la figura, á no ser que haya poca carga en la parte superior del dintel. Tambien se usa la trabazon indicada, figura 244; cuando son muy inclinados los lados *a c b o* en este caso Figura 244. cuando las hiladas llegan á encontrarse en *f*, se van cortando alternadamente en los encuentros.

Suelen construirse dinteles con hiladas de ladrillos como los anteriores alternadas con mamposteria ó sea de mamposteria verdugada.

Para cimbras de los dinteles basta un tablon conpostes que le sostengan.

Arcos de roscas de ladrillos.

Se distingue con el nombre de *arco* la construccion que forman los huecos en línea curva, cuando solo tienen el grueso de la pared, y bóvedas cuando estos arcos se prolongan para cubrir un departamento de edificio, los hay circulares, elípticos, parabólicos; de varios centros, ó sean *corpaneles* ó *apainelados*; de dos arcos que se cortan en la parte superior de la bóveda ó *apuntados*, y los de herradura formados de varios arcos. En general se dice que un arco es rebajado cuando la *flecha* ó distancia que hay desde la línea horizontal que pasa por el origen ó arranques del arco hasta

la parte mas elevada, es menor que la mitad de la *luz* ó abertura de este; y *levantado*, *peraltado* ó *remontado* cuando es mayor la flecha.

Arcos circulares.

Los arcos circulares cuando son de la misma altura que la semiluz, se forman de la mitad de un circulo, y se llaman de *medio punto*; si son rebajados *escarzanos*.

Arcos de medio punto. Figura 245.

La figura 245 representa un arco de medio punto. Los ladrillos se colocan de modo que las lineas de junta concurran al centro, pues de otro modo tendria menos solidez la construccion, y resultaria mala apariencia y dificultades en la colocacion del ladrillo. La rosca puede tener solo de espesor el ancho del ladrillo ó del largo; de doble rosca ó mayor grueso.

Cuando el radio del arco sea pequeño, abrirán mucho las juntas en la parte del *trasdos* ó linea *a h b a* que limita el arco por arriba, y se juntarán demasiado en el *intrados* *f m g*, resultando por consiguiente esceso de mortero en una parte, y muy poco en la otra, y al hacer asiento la obra, seria fácil se esportillase el ladrillo en el intrados, además de que no hace buen aspecto á la vista.

En el caso de que la fábrica sea aparente se suele aplantillar el ladrillo en forma de dovela ó cuña, es decir, haciendo que las caras del ladrillo estén terminadas por lineas que sigan la direccion del radio del circulo; una plantilla sirve en este caso para todos los ladrillos. El defecto indicado es menor cuando la rosca es de media asta; así es que conviene mas hacer una serie de roscas sobrepuestas esta clase cuando el grueso lo exige.

La construccion de estos arcos debe empezarse desde los arranques hasta cerrar por la parte superior, y cuando hay varias roscas concéntricas que suele distinguirse por construccion á la inglesa, empezando desde los arranques la segunda, hasta que una junta del ladrillo coincida con la de la rosca inferior, y en este sitio se coloca una *llave h* que es un ladrillo de asta. En *b* se indica la construccion de una rosca de asta, y en *j* la combinacion que puede hacerse con el ladrillo en una rosca de mas espesor, en el caso de no hacerse á la inglesa, que es la construccion que en la actualidad se usa con frecuencia.

Arcos escarzanos.

Para un arco escarzano se tendrán presentes las mismas reglas dadas en el caso de los arcos de medio punto; es decir, que concurran las juntas al centro, disposicion del ladrillo, etc.

Carpaneles y elípticos.

Los arcos carpaneles se diferencian de los anteriores en que cada parte de rosca correspondiente á las distintas curvaturas, tiene su centro al cual deben concurrir las juntas respectivas. En los arcos elípticos las juntas de los ladrillos deberán dividir en dos par-

tes iguales el ángulo formado por los radios vectores. Para el trazado de todas estas curvas deberán tenerse los elementos necesarios de geometría; no es de nuestro objeto el esplicarlos.

Los arcos peraltados pueden estar compuestos de varios arcos de círculos como sucede á los arcos árabes ó de herradura; pueden cortarse en el vértice ó parte superior de la bóveda como los arcos apuntados la arquitectura gótica. Tambien los arcos peraltados pue den ser clipticos y parabólicos. Arcos peraltados.

En las figuras 246 y 247 se indican dos casos; el primero de arco de herradura de tres centros *a b c* para los arcos *ef fg ed*. El segundo un arco apuntado con centros en *a b* para los arcos *e d* y *f d*. Los centros puede marcarse en un travesaño de la misma cimbra. Figuras 246 y 247.

En estos casos, aun mas que en los anteriores, habrá el inconveniente de abrir demasiado las juntas en el trasdos; por lo que se toman las precauciones indicadas anteriormente respecto de la combinacion del ladrillo.

En los arcos apuntados figura 247, particularmente cuando son muy peraltados, resulta que teniendo que concurrir las juntas á los centros *a* y *b* en el vértice ó encuentro *d*, no se puede hacer un aparejo regular, y conviene en estos casos colocar una clave ó dovela central de piedra.

Los arcos por *tranquil* son aquellos que no tienen sus arranques en un mismo plano horizontal, están compuestos de varios arcos de círculo, y se siguen para su construccion los mismos preceptos anteriores. Arcos por tranquil.

Para dirigir ó *registrar* las hiladas de los arcos, se emplean los mismos medios que se esplicarán para las bóvedas

TERCERA SECCION.

BÓVEDAS DE LADRILLO

Bóvedas planas.

Una bóveda plana ó adintelada no es mas que un arco adintelado prolongado, ó una série de arcos adintelados.

Estas bóvedas tienen aplicacion solamente para cubrir espacios pequeños, pues son poco á propósito para cargar sobre ellas.

Podria emplearse para estas bóvedas ladrillos dovelados; pero su fábrica saldria cara.

Bóvedas planas de ladrillos dovelados y tubulares. Los ladrillos tubulares descritos en la parte tercera, tienen aplicacion para construir bóvedas planas, pues tales pueden considerarse los techos y suelos formados por su combinacion.

Cuando los espacios son algo considerables, se colocan los tubos entre cuadrículas de hierro y pueden unirse con yeso; sin embargo que este tiene el inconveniente de que al aumentar de volúmen, puede desarreglar la bóveda. Son convenientes estos tubos para formar suelos incombustibles y lijeros; en el «Tratado de construccion de obras de hierro de Eck,» se describen varios suelos de esta clase.

Bóvedas cilíndricas.

Clasificacion. Las bóvedas cilíndricas pueden ser respecto de su forma, de la misma clase de curvas que se indicaron para los arcos. Relativamente á su posicion, pueden estar los arranques de la bóveda en un plano horizontal, ó puede estar este plano en rampa, como sucede en las bóvedas que cubren escaleras. Los encuentros de bóvedas pueden ser en ángulo recto ó bajo un ángulo cualquiera, lo que produce las bóvedas oblicuas, tambien resulta este caso cuando se construyen obras de fábrica en las vias de comunicacion.

Pueden ser las bóvedas un cilindro completo, sea de forma circular ó elíptica, como sucede en las tajeas de tubo.

Las bóvedas cilíndricas pueden considerarse como una série de arcos enlazados entre sí, y cualquiera que sea la forma, será análoga su disposicion, así es que solo indicaremos las de medio punto y los *cañones* rectos y oblícuos, los tubos y revestimientos de varios centros.

Bóvedas de rosca: modo de construirlas. El sistema inglés ó de roscas de media asta sobrepuentas tiene muy buena aplicacion en las bóvedas; se indicó al tratar de los arcos.

Figura 248. Para construir las bóvedas, colocada la cimbra que sirve para apoyar los ladrillos, se dividen los cerchones de los frentes de estas cimbras en cierto número de partes qne pueden ser las mismas que el número de ladrillos que han de colocarse, contando con el grueso del mortero 1,2,3,4, figura 248. Se coloca un clavo en el centro *C*, y desde este punto se atiranta una cuerda que se hace pasar por

1, 2, 3, etc., y de este modo se dirige ó *registra* la inclinacion de los ladrillos.

Tambien puede emplearse un reglon que puede *girar* alrededor de *C*. Se da el nombre de *cintrel* á este reglon ó á la cuerda que sirve para centrar los ladrillos de las roscas. Los albañiles suelen valerse de un medio práctico de tanteo para registrar las hiladas, que es solo tolerable en arcos pequeños y de poco esmero; consiste en colocar un ladrillo por su canto menor sobre el borde de la cimbra con su cara al frente arrimado el canto mayor á la hilada, y viendo si abre mucho ó poco la junta de estos por arriba ó por abajo arreglan la inclinacion.

En el caso de no poderse fijar el centro para asegurar cintrel se pueden poner cerchones con la distribucion.

Marcadas las hiladas en los frentes, se atirantan cuerdas sobre la cimbra para registrar la direccion en el sentido de la bóveda.

Las hiladas se van sentando desde los *salmeres* ó arranques de uno y otro lado á la vez, bien sea en toda la longitud ó por partes, verificándolo á juntas encontradas para que haya el enlace conveniente. Cuando se verifique por trozos la construccion, se dejan dentellones para enlazar con el resto.

Tajeas de tubos ó caños. Figura 249

La figura 249 representa el frente de una tajea de tubo ó caño circular, cuya construccion seria análoga para los elípticos. Se aplica igualmente en estos casos, y es todavía mas conveniente en ellos por ser pequeño el radio, el sistema inglés de rosca sencilla, doble, etc. Se suele construir primero la mitad inferior y luego la superior, con la misma cimbra invertida. Tambien suele hacerse sin colocar cimbra de madera, sino rellenando de tierra y dando la forma que ha de quedar construyendo encima de esta forma de tierra.

Revestimientos de galerías. Figura 250.

La figura 250 representa la seccion trasversal de un revestimiento de galeria, de alcantarillado ó tunel, y se indica el caso de estar compuesto de dos roscas y de cuatro curvas; *id dg gj ji* por el intrados cuyos centros son *b c a*, y por intrados por las *h d d e l l h* concéntricas. En cada parte tienen que dirigirse las juntas del ladrillo al centro respectivo y se disponen cerchones como indica la figura para marcar en ellos estos centros, siguiéndose por lo demás los preceptos anteriores. En estos casos tiene mucha aplicacion el sistema inglés indicado en la figura 245 segun sea el grueso.

Aparejo de bóvedas oblícuas ó en esviaje.

En la construccion de las bóvedas oblícuas de ladrillo puede seguirse el método comun indicado para la construccion de las rectas, cuando la oblicuidad es muy pequeña; pero en oblicuidades de consideracion hay que emplear aparejos especiales. En este caso tie-

ne mucha aplicacion un aparejo ó sistema de construccion helizoidal muy usado en Inglaterra , y que en España ha tenido ya numerosas aplicaciones.

En este las diversas hiladas longitudinales del ladrillo en vez de ser las líneas rectas ó generatrices del cilindro que forman el cañon, son hélices, las cuales suponiendo desarrollado ó estendido en un plano el intrados del cañon, se convierten en líneas rectas; propiedad que facilita el trazado. Se hace el desarrollo del cilindro que forma el intrados de la bóveda, se trazan en este las rectas que representan las hélices, y marcados los estremos pueden ya señalarse sobre la cimbra y trazar sobre ella las hélices por medio de una regla flexible.

Figuras 251, 252 y 253. La figura 252 representa la proyeccion horizontal del intrados de la bóveda, y en la 251 la proyeccion vertical. En esta el arco de frente siendo una seccion oblícua del cilindro , será una semielipse.

Para proceder á la construccion, se desarrolla la seccion recta *c o p*, figura 252 sobre una línea *c l m*, figura 253, bien sea por el cálculo ó dividiendo dicha seccion en un número 1,2,3, etc. de partes muy pequeñas, y llevándolas sobre dicha *c l m* en 1,2,3, etc. Por los puntos de division de la seccion recta se tiran líneas 4.^{m}, etc. paralelas al eje del cilindro, y en el desarrollo por los puntos de division líneas tambien paralelas al eje que representarán á las anteriores. Por los puntos que resulten de las divisiones *m f*, etc. figura 252, se trazan perpendiculares al eje y se refieren al lado *c a*; estos puntos trasportados al *c a* correspondiente de la 253, se tiran por ellos las perpendiculares, y sus intersecciones con las paralelas al eje correspondientes, darán el desarrollo *i j f d* del arco de frente de un lado. El otro será una curva *a e b* paralela á la anterior, que tambien podria desarrollarse del mismo modo; pero que se puede trazar tomando distancias iguales en las líneas paralelas al eje. El trazado se hará con mas facilidad en la montea, des arrollando la seccion recta en la prolongacion de *c p*, figura 252, pues en este caso el desarrollo de las curvas de los arcos se encuentran directamente por la interseccion de las perpendiculares y paralelas al eje.

Dividiendo las cuerdas de las curvas desarrolladas *a b c d* en partes iguales al grueso del ladrillo y tendel, y tirando por estos puntos perpendiculares á estas cuerdas, dichas perpendiculares representan los desarrollos de las hélices.

Hecho esto, se marcan en los frentes de la cimbra *a' o b' c' g d'* figura 251; el mismo número de divisiones que las de *a e b y c f d*, figura 253, y numerando las divisiones se adapta sucesivamente so-

bre la cimbra una regla flexible, de modo que sus estremos coincidan en los puntos numerados correspondientes. Sobre dicha cimbra se traza la línea que marque el borde de la regla, y de este modo se van obteniendo las directrices de las hiladas del ladrillo. Tambien se pueden trazar lineas intermedias *r s*, sobre las cuales se marcan los puntos en que corta á las hélices tanto en el desarrollo como en la cimbra, empezando por uno de los arranques *b d*. Las hélices comprendidas en las porciones *c a g*, las cuales no cortan á las cuerdas por uno de sus estremos, se numeran en su interseccion con el salmer.

Bóvedas cónicas.

Las bóvedas cónicas que suelen llamarse atahutadas ó atroneradas, pueden ser de *eje vertical*, es decir, que la seccion perpendicular á la línea que pasa por el vértice y por el centro de él, sea un plano horizontal; de eje inclinado ú oblicuo á este plano, y de eje horizontal. El primer caso tiene aplicacion para cubrir espacios cerrados de forma curva, y los otros en los alfeizares ó derrames de puertas y ventanas, tragaluces y otros casos análogos.

La figura 254 representa la proyeccion horizontal del intrados de una bóveda cónica de eje vertical, y la 255 la seccion vertical dada por *a b*; la colocacion del ladrillo puede hacerse de varios modos. En la parte *a o n* se indica uno de los aparejos por hiladas con la inclinacion *a' o'* de las generatrices; se colocan de canto sobre la cimbra por hiladas enteras todas las que puedan concurrir al vértice *o o'* sin cortar; tienen que resultar huecos; los que hay que acuñar con cascote del ladrillo ó teja y mezcla, siendo siempre defectuoso este aparejo. Figuras 254 y 255.

En la parte *o b n* se indica otro por coronas que tambien tiene el inconveniente de que resultan defectuosas las uniones en el vértice, á no ser que se ponga clave de piedra, y de que en las roscas á medida que se aproximan á este, van abriendo mas las juntas, á no ser que se aplantille el ladrillo.

Cuando haya de construirse una bóveda cónica para cubrir el espacio ocupado por una puerta ó ventana, tragaluz, etc., el cono en vez de tener su eje vertical como en el caso anterior, le tendrá horizontal ó inclinado. La figura 256 representa en proyeccion horizontal el espacio que ha de cubrirse, la 257 proyeccion vertical, y la 258 una seccion vertical dada por A. B. Figuras 256, 157 y 158.

Al colocar las hiladas de modo que concurran al vértice *l l'*, abrirán las juntas mucho por la parte del *trasdos* y al aproximarse las

roscas hácia la parte $c\ d$, $c'\ e'\ d'$ mas estrecha del cono, se van estrechando.

Por la inclinacion de las hiladas resultan tambien los pequeños escalones triangulares *a* en los frentes, figura 256, lo cual puede evitarse cortando con la inclinacion conveniente el canto del ladrillo si ha de quedar al descubierto, y sino se disimula con el guarnecido. Ademas, teniendo que colocar el canto inferior del ladrillo segun la inclinacion $l'\ m'$, figura 258 de la generatriz del cono, la cabeza se inclinará segun la normal á dicha generatriz, ó habrá que hacer en este canto un corte vertical.

Para sentar las hiladas se dividen en partes iguales las cerchas de la cimbra en las cabezas $h'\ m\ n'$, $c'\ e\ d'$ y se atirantan cuerdas á las divisiones correspondientes que marcarán la direccion de las lineas de junta.

Bóvedas esféricas.

Las bóvedas esféricas son las formadas por una semi-esfera que cubre un espacio circular; si este espacio es eliptico, la bóveda será un elipsóide; la construccion es análoga.

Figuras 259 y 260. La figura 259 representa la proyeccion horizontal de una bóveda esférica, y la 260 la seccion vertical dada por el diámetro $c\ h$.

El sistema que se sigue para la construccion está representado en la parte $m\ h\ e$, $h'\ o'\ c'$, se asienta el ladrillo de plano formando coronas, empezando todo alrededor del arranque y subiendo las demás hiladas á juntas encontradas.

A medida que se aproximan á la parte superior, van teniendo cada vez menor radio las coronas, y al llegar cerca del cierre suelen ponerse ladrillos de plano en forma de estrellas ó florones; pero es mejor poner una clave de piedra. El sentar el ladrillo por hiladas en el sentido de los meridianos, como se indica en la parte $e\ c\ m$, ofreceria inconvenientes.

Los nichos que suelen practicarse en los muros de edificios para colocar jarrones ó estátuas, tienen la forma semicircular y se coronan con un casquete esférico.

Figura 261. La figura 261 indica un caso de este género, en la derecha se representa la disposicion de hiladas que se usa comunmente en este caso de ladrillos de canto, siguiendo la direccion de los meridianos. Al llegar al centro *m* se van estrechando demasiado las hiladas, y deberá ponerse una pieza ó *trompillon* que forma clave bien sea de otro material ó de ladrillos de plano. El poner el ladrillo

por hiladas horizontales como se indica en la izquierda, ofrece mas dificultades.

Siendo los nichos de poca anchura, resulta que las juntas del ladrillo abren mucho y es necesario aplantillarle cuando queda aparente, y aun á veces aunque no quede.

Bóvedas anulares.

Una galería circular, elíptica ó en general de forma curva, se cubre por una bóveda anular que puede ser de cualquiera de las formas esplicadas de medio punto, rebajada ó peraltada.

La figura 262 representa la proyeccion horizontal de una bóveveda anular circular *a f d c g b*, cuyas secciones por *a b* y *c d* se suponen ser *A*, *B*. Figura 262

En estos casos las secciones verticales perpendiculares al eje de la bóveda en *A*, *B*, etc., no son paralelas entre sí, sino que concurren al centro *o* en las bóvedas circulares ó son perpendiculares á la elipse media en el caso de ser bóveda anular elíptica.

En estas bóvedas de rosca de ladrillo se va enlazando, siguiendo siempre el contorno de la curva de la bóveda, lo cual es fácil verificar con el ladrillo, en razon á la pequeña magnitud de sus lados, comparado con el radio que suelen tener la curva que forman los paramentos. Se necesita en este caso registrar las hiladas en dos sentidos, uno en el de la curva del arco y otro en el de los paramentos; pueden dividirse y numerarse estos.

Tienen aplicacion estas bóvedas para cubrir escaleras espirales.

Bóvedas compuestas.

Se da el nombre de bóvedas compuestas á las que resultan de la combinacion ó penetracion de las bóvedas que se han esplicado; se construyen del mismo modo que aquellas, pues solo está la diferencia en la parte de penetracion ó union.

Las bóvedas por arista mas comunes resultan de la intercesion de dos ó mas cañones cilíndricos; pero tambien pueden ser producidas por las de otras clases de superficies. Bóvedas por arista.

Los encuentros ó aristas salientes que resultan convendria hacerlos con materiales mas sólidos; pero en el caso de construirse todo de ladrillo, cada bóveda se dispone como se ha indicado en los casos anteriores y en los *aristones* que son las líneas de encuentro donde se enlazan los ladrillos, endentando las hiladas.

Los lunetos son aberturas cilíndricas ó cónicas que se dejan en Lunetos.

algunas bóvedas para puertas ó ventanas y tragaluces; su construccion no ofrece dificultad, son bóvedas cilíndricas ó cónicas como aquellas de que se ha tratado. En los encuentros es necesario tener cuidado de enlazar el material ó poner aristones de silleria ó sillarejo.

Bóvedas en rincon. Las bóvedas en *rincon* de cláustro ó claustrales están formadas por el encuentro de varios trozos de bóvedas cilíndricas que cubren un espacio cerrado, rectangular ó poligonal. En sus intersecciones producen ángulos entrantes. En este caso tampoco se diferencia la construccion de la bóveda de los casos indicados para las bóvedas cilíndricas, solo en los encuentros habrá que cuidar de que tenga el material el enlace conveniente.

Bóvedas tabicadas.

Se da el nombre de bóvedas *tabicadas* cuando los ladrillos se colocan en ellas presentando las caras al intrados en vez de ser los cantos como en los casos anteriores. Esta clase de construccion tiene aplicacion cuando no ha de cargar mucho peso sobre ellas. En estos casos se unen con yeso ó cemento para que el fraguado sea pronto.

Para mayor solidez se hacen generalmente dobladas, es decir, de dos ladrillos sobrepuestos. En Cataluña se construyen con mucha frecuencia bóvedas tabicadas en las escaleras y para cubrir crugías en los edificios rurales.

Cuando tienen la flecha suficiente suelen voltearse sin cimbra, contando con el pronto fraguado del mortero. En este caso se colocan cerchones en algunos puntos de la longitud, si son de cañon seguido; en los aristones si son por arista, ó un cerchon giratorio en las esféricas.

Figura 263. La figura 263 representa una parte de la proyeccion horizontal de una bóveda tabicada. Se empieza por los lados opuestos simultáneamente colocando dos ó tres hiladas, para lo cual se pone argamasa en los cantos. Despues se empieza desde los arranques á colocar la segunda capa sentada sobre la primera á juntas encontradas.

En la primera hilada de los arranques se colocan los ladrillos alternando, uno entero *a* con otro medio, y de este modo van quedando dientes, entre los cuales se introducen los siguientes; asi es que puede en ciertos casos sostenerse sin cimbra por el enlace que resulta con solo colocar *camones* ó pares curvos á ciertas distancias unidas por listones para guiar la construccion. En el punto donde empieza la bóveda se establece un trozo de cimbra para que sos-

tenga los ladrillos hasta la clave, y en una longitud de tres ó cuatro ladrillos.

Cuando el tabicado es doble, triple, etc., la primera capa exige el cemento ó yeso como de pronto fraguado. En las otras suele emplearse el mortero comun, pues la primera sirve de cimbra.

Bóvedas sin cimbra.

Para proceder á la construccion sin cimbra, es necesario usar morteros que fragüen pronto. En los dos casos de que la bóveda esté apoyada por sus cabezas en muro ó que no lo esté como sucede en los puentes se procede del modo siguiente.

En el primer caso de estar la bóveda unida á un muro por sus cabezas suponiendo la figura 264 el desarrollo de aquella. *A B* y *C D* los arranques y *A C* la cabeza ó frente apoyada en un muro; se traza la curva del arco sobre este, y se coloca la primera rosca siguiendo esta curvatura, empotrando un estremo de los ladrillos en el muro. Figura 264.

Colocados los ladrillos ó material que forman la cabeza de la boquilla se van completando empezando por los arranques las zonas oblícuas *a* 3, *c* 13, luego las *b* 4 *d* 11, y así sucesivamente.

Es necesario sostener los ladrillos que forman las dovelas en su sitio hasta que fragüe el mortero para que tome consistencia y conserven la posicion conveniente.

Si los frentes no estuvieran unidos á muros, se establece una cimbra de un solo cerchon para voltear el arco de frente procediendo despues por zonas oblícuas como se indicó antes.

Cuando la bóveda sea de gran longitud, se divide en trozos volteando arcos en cada trozo como se ha esplicado en el anterior para los de cabeza, construyendo simultáneamente de cada lado las zonas oblícuas.

Las zonas oblícuas se equilibran cerrándolas en la clave á medida que se ejecuta.

Se construyen bóvedas de ladrillos de dimensiones bastante considerables por este método empleando morteros de cemento, ó yeso que fraguan pronto y aun cuando los morteros no sean de pronto fraguado, se pueden aligerar mucho las cimbras en razon de que cada zona oblícua se cierra sucesivamente con su clave. En las que se emplee el yeso estarán mas espuestas á destruirse si no tienen el espesor conveniente los estribos, por el aumento de volúmen de aquel que hace ejercer mayores empujes, y aun así puede

romperse la bóveda por no ceder los apoyos. Por esta razon es mas conveniente el empleo del cemento.

El empleo de los cementos tiene mucha importancia para construir las bóvedas sin cimbra por su pronto fraguado. Brunel hizo en Inglaterra los esperimentos siguientes: en 1834 construyó dos semi-arcos de ladrillos unidos por cementos. El uno tenia 18,^{m} 35 y 3,^{m} 19 de altura, y el otro 11,^{m} 25 y 3,^{m} 04 de altura. El estremo de este último se cargó con 20,000 kilógramos suspendidos por medio de varillas de hierro; la pila tenia tres metros de altura y 4,2 de ancho de mampostería cimentada, solo á la profundidad 0,^{m} 204; los semi-arcos tenian poco mas de un metro de ancho. Para conseguir la union necesaria en la obra para poder construirle sin apoyo ó cimbra, pues no era suficiente para tanta salida y peso, solo la fuerza de cohesion del cemento, empleó Brunel alambres y flejes de hierro, y aun cuerdas que atirantaban la construccion. A los cuatro años de construidos estos dos semi-arcos, se destruyeron, lo cual se verificó por efecto de un desarreglo de la pila observándose que las fracturas en los fragmentos de los arcos tuvieron lugar por los sitios en que se habian unido despues de suspendidos los trabajos cierto tiempo.

Figuras 265 y 266. Otra disposicion puede emplearse para construir bóvedas sin cimbra empleando yeso y mejor cemento. Suponiendo, figura 265, que sobre los muros *a c e g*, *d h b f*, hay que voltear una bóveda que está unida al muro *a b*, se traza en este el arco *c' o d'*, y se pegan los ladrillos de plano, como indica la figura, siguiéndose las demás roscas ó zonas pegadas á la primera á juntas encontradas. Si no fragua muy pronto el cemento se ponen un camon ligero.

En Estremadura se construyen bóvedas sin cimbra con bastante frecuencia, empleando mezcla de cal segun se indica en la *Revista de obras públicas* de 1855.

Bóvedas encamonadas ó fingidas.

Estas bóvedas están compuestas de *cerchones*, *formas* ó *camones*, que todos estos nombres reciben, de piezas de madera cortadas de la forma del arco ó bóveda que se ha de fingir, unidos unos con otros por medio de listoncillos. A estas se clavan tachuelas ó clavos entre las cuales se entomiza ó bien se ponen cañizos para forjar y guarnecer con yeso. Solo sirven como decoracion, pues no puede cargarse sobre ellas.

SECCION CUARTA.

MAMPOSTERIAS DE PIEDRA EN SECO.—ORDINARIA.—DE HORMIGON Y MISTA. TAPIALES.

Muros ó paredes.

A pesar de que la construccion de las diversas mamposterías de que vamos á tratar, pertenece mas bien á la clase de obreros llamados mamposteros; sin embargo tambien tienen que verificarla en muchas ocasiones los albañiles, y por esta causa indicaremos los procedimientos para su construccion. Mamposterías en seco y ordinaria.

La piedra que se emplea en las mamposterias son fragmentos ó trozos irregulares, como se estraen de la cantera, ó con pequeñas modificaciones. Cuando á estas se les da formas regulares como sucede con los llamados *sillarejos* y con la silleria, lo cual exige labrarlas, pertenece tanto esta labra como el asiento á los obreros especiales llamados canteros. En la parte cuarta se trata de la calidad de las piedras.

Las mamposterías en seco se construyen con piedras sin mortero. Estas piedras pueden ser de formas irregulares y esquinadas, como sucede á la piedra estraida de la cantera ó cantos rodados de los rios; pero estos últimos no pueden formar enlaces convenientes en razon á sus formas redondeadas, y es preciso cuando hay necesidad de emplearlos, cortar sus caras de asiento, pues de lo contrario resultan muy defectuosas las mamposterias. La mamposteria ordinaria ó con mezcla, ó de *cal y canto*, se une con mortero.

En la construccion de paredes en seco de piedras irregulares, deben elegirse las mayores para la base, y con el objeto de que ha- Paredes en seco.

ya mejor trabazon se colocan de trecho en trecho piedras de mayor entrada ó *entrega* llamadas *llaves* ó *perpiaños*, que suelen abrazar todo el grueso del muro que es lo mejor, ó alternadamente hasta la parte del espesor de este que convenga. En estos casos las piedras que se eligen para llaves, se colocan á tizon ó con la cola ó parte mas larga que coge el grueso de la pared.

Sin embargo de ser irregulares las piedras, se procura resulten lo mas apróximadamente que sea posible, en bancos horizontales. Se alternan las piedras mas cortas con otras de mas *cola* ó entrada, ó á soga y tizon, y se colocan las caras mas regulares en los paramentos;/los huecos que dejan entre si los mampuestos, se acuñan y enripian con piedras mas pequeñas y ripio ó desperdicio del material, operacion que se llama acuñar ó enripiar, con el objeto de que no haya cojeos en la mamposteria y que trabe bien.

Tiene gran aplicacion la mamposteria en seco para muros de sostenimiento de tierras.

Mamposterias ordinarias con mezclas.

Las mamposterias en que se emplean morteros para su union, son de mayor solidez que los de piedras en seco; los referidos morteros pueden ser de cualquiera de las clases indicadas al tratar de estas; sin embargo, en las construcciones rurales se unen con barro arcilloso cuando es cara la cal; suelen unirse con yeso en sitios en que no hay humedad.

Respecto de la colocacion de *tandas* ó bancos, llaves y acuñado, ó enripiado, se siguen los mismos preceptos espuestos al tratar de los muros en seco.

Colocado un banco, se echa una *tongada* ó capa de mortero, y se va enripiando los mampuestos de la hilada inmediata. Al sentar los mampuestos se aprietan y golpean en la parte superior con el objeto de que se iutroduzca bien la mezcla por todos los huecos, refluyendo por los paramentos. Los mampuestos en tiempo seco deben mojarse antes de sentarlos.

Despues de construidas estas mamposterias, se enripian y arreglan los paramentos para rellenar los huecos que resulten, particularmente si han de quedar sin reboque.

El yeso no es buen mortero para esta clase de mamposteria en parages húmedos. Cuando se emplea el mortero hidráulico ó cemento, debe tenerse aun mas cuidado de emplear los mampuestos limpios; pero en este caso es necesario cuidar de ejercer percusion ó presion sobre el mampuesto para que refluya el mortero por los huecos hácia los cantos antes que fragüe; debe cuidarse que no seque violentamente resguardándole del sol ó fuertes vientos, y tam-

bien de las heladas cuando se están construyendo, para cuyos efectos se cubren con esteras, paja, etc.

Las paredes de mampostería no pueden ser delgadas, y cuando bajan de 24 á 30 centímetros de espesor, se combina con entramados de madera.

En los muros de mampostería, sea en seco ú ordinaria, que se construyen para sostener terraplenes, se dejan michinales que sirven para dar paso á las aguas.

Bóvedas de mampostería.

Puede emplearse la mampostería ordinaria en la construccion de bóvedas con gran economía en muchos casos; se ha hecho aplicacion ventajosa y en gran escala en el revestimiento de algunos minados del canal de conduccion de aguas del Lozoya á Madrid. Bóvedas rectas.

Para esta clase de bóvedas se eligen los mampuestos que tengan *cola* suficiente y de forma de cuña aunque irregular. Deben enripiarse y meterse bien en mezcla para que no queden vanos.

Empleando cemento para mortero pueden construirse bóvedas rebajadas como lo prueba entre varios ejemplos un puente de diez y seis metros de luz construido sobre el Sena recientemente.

Las bóvedas de mampostería no deben descimbrarse demasiado pronto para que se enjuguen los morteros; á veces se deja dos meses: esto depende de la luz de arco y clase de morteros que se emplean.

En las bóvedas cilíndricas de mampostería, cuando tienen mucha oblicuidad ó *esviage*, puede emplearse un aparejo análogo al que se adopta en las bóvedas de sillería, llamado de *trayectorias* que consiste en trazar para líneas de juntas longitudinales las curvas normales á todas las posiciones de las secciones paralelas á los arcos de cabeza. El trazado se hará por el director de la obra con arreglo á las reglas que se dan en los tratados de estereotonia, así solo nos ocuparemos del materialismo de la construccion. Sobre la cimbra lo mismo que se indicó para el caso de las hélices en las bóvedas oblícuas de ladrillo, se marcan las curvas trayectorias. Para esto se saca la plantilla del desarrollo de una trayectoria sobre la montea, lo cual es suficiente, pues son iguales todas en el caso que indicamos. Bóvedas oblícuas.

La figura 267 representa la proyeccion horizontal, y la 268 la proyeccion vertical del arco de frente. Se divide la cimbra en tantas partes como divisiones se hayan hecho en la montea para el trazado de diversas generatrices *a b*, *c d*, *e f*, etc. del cilindro, se nu- Figuras 267 y 268.

meran los puntos en que cortan à las trayectorias en el desarrollo, puntos que marcados en las mònteas, se marcan igualmente en la plantilla, y se hace resbalar cantidades iguales para ir trazando las diferentes curvas; la misma plantilla invertida de posicion sirve para trazar la segunda mitad de las trayectorias.

Trazadas estas curvas, sirven de líneas directrices para ir colocando los mampuestos, los cuales deberán escogerse de las dimensiones convenientes para que se ajusten entre cada dos trayectorias pues las distancias entre estas va variando de una à otra cabeza de la bóveda.

Puede emplearse tambien el aparejo helizoidal.

MAMPOSTERIA MISTA.

Muros y bóvedas.

Combinaciones convenientes.

Se da el nombre de mampostería mista cuando se emplean distintos materiales en la construccion de muros ó bóvedas. La economía exige á veces que se use mampostería ordinaria en los macizos menos espuestos á esfuerzos considerables, reforzando aquellos que han de sufrir mayores cargas con *cadenas* de sillarejo ó de sillería. En los muros, por ejemplo, se refuerzan los ángulos, y se hacen *verdugados* intermedios con materiales mas resistentes que el resto de la construccion; en las bóvedas los frentes y arranques.

Opus-incertum. Figura 269.

El opus-incertum de los romanos era una mampostería comun en cuyos paramentos se colocaban los mampuestos sin órden de hiladas, pero enlazados entre sí; en el relleno interior se empleaba hormigon, y las esquinas se fortificaban con ladrillo ó sillería. La figura 269 representa esta clase de mampostería.

Opus-reticulatum. Figura 270.

El opus-reticulatum de los romanos consistia en la combinacion de mampuestos pequeños de forma cuadrada, rellenando el interior como se dijo antes, y fortificando los ángulos. Las cadenas horizontales de ladrillo se colocaban á un metro próximamente de distancia entre sí. Este aparejo es mas caro y quizás no tan sólido como el anterior. La figura 270 representa este género de construccion.

Nodomon.

Tambien emplearon los romanos el *Nodomon* de los griegos, compuesto de hiladas de la misma altura, de mampuestos de unos 22 centímetros de longitud de la misma cola y 8 de altura.

Inconvenientes de las cadenas verticales.

En las mamposterías mistas modernas se emplean tambien los mampuestos irregulares análogos al opus incertum, combinados con cadenas y verdugados de ladrillo ó sillería. Las cadenas verticales de distinto material tienen el inconveniente de producir desigual-

dad de asientos, por lo que es necesario construirlas con esmero y hacer en general solo uso de ***verdugados*** horizontales, suprimiendo las cadenas verticales.

Los asientos de las mamposterías son tanto mayores cuanto mas de prisa se ejecutan, y mayor diferencia hay entre los materiales que las constituyen. En las uniones con mamposterías antiguas de otras que se ejecutan nuevamente, hay que tener mas precauciones para evitar la desunion que resultaria de verificarlo con poco esmero. Para esto debe construirse la nueva mamposteria con lentitud y hacer adarajas en los cuales se introduce la nueva mampostería. Asientos de las mamposterías.

Al fundar una mamposteria sobre cimiento antiguo en parte, y parte sobre cimiento nuevo, resultan tambien asientos, algunas veces considerables; para evitarlo seria conveniente rehacer el cimiento viejo, y en el caso de no verificarlo hay que dejar secar bien la parte de cimiento nuevo antes de cargar sobre él.

En los aristones ó cadenas se dejan partes que sobresalen, para que resulte mejor enlace con el resto del material, á lo que se da el nombre de *machos de mayor* y *de menor* en la figura 269; *a* son machos de mayor y *b* de menor.

Mampostería de hormigon.

El hormigon se aplica para construir bóvedas y muros. La construccion de muros de este género se verifica estendiendo por ***tongadas*** ó capas horizontales de 20 á 25 centímetros de grueso, teniendo la precaucion cuando es necesario interrumpir la obra por un tiempo algo considerable el dejar escalones ó dientes inclinados para poder unir mejor con el nuevo hormigon que se emplee; al continuar el trabajo se humedece la parte con que se ha de unir y se recibe con una capa de mortero. Construccion de los muros y bóvedas.

Para construir las paredes de hormigon es preciso encajonarlas hasta que adquiera consistencia el material. Para verificarlo se colocan postes verticales llamados costales á menos de un metro de distancia entre sí, y separados unos 20 á 25 centímetros del paramento del muro. Se colocan despues los ***tableros*** ó tapiales representados de frente en ***a a***, figura 271, y en la seccion trasversal 272. Estos tapiales están formados de tablones unidos de canto algunas veces á ranura y lengüeta, y otras al tope, sujetos con barrotes clavados en ellas por la parte esterior. Estos tableros tienen generalmente dos metros de longitud y $0,^{m}8$ de altura.

Los costales se sujetan con piezas horizontales llamadas *agujas*, que son de madera ó de hierro; á la combinacion de piezas horizon-

tales y verticales de cada bastidor se nombra *cárceles*. Los tableros se apoyan en su parte inferior por dos muescas sobre dos agujas, en cuyos estremos se atraviesan clavos. Despues pasando una cuerda por la parte superior de los costales, se da garrote á estas como se hace con las sierras, para hacer aproximar los tapiales lo necesario, y se atraviesan las agujas superiores por los costales, pasando los estremos con un clavo para que no desvien, pudiendo luego quitar la cuerda; de este modo, puede ya llenarse el cajon.

En el caso de no construirse el cajon entre machos de fábrica, se ponen tableros á los costados para encajonarle.

La figura 273 representa una seccion trasversal del muro con su encajonado; *a* tapial, *b* costales, *c* agujas, *g* garrote.

Bóvedas de hormigon y cemento.

El hormigon hidráulico y el cemento tienen buena aplicacion para la construccion de bóvedas de edificios, puentes y alcantarillas, etc.

Esta clase de bóvedas exige el que la cimbra sea suficientemente resistente y de forma invariable, pues descompondria y agrietaria el hormigon que sobre ella se echase en el caso contrario. *Lebrun* que trata de esta clase de construcciones, describe una cimbra, la cual no sufre asiento por el peso que sobre ella se cargue, siendo sencilla y económica á la vez.

Esta cimbra se forma generalmente de bóveda tabicada de ladrillo, formada de varias hiladas puestas de plano, sostenida por cuchillos lijeros de tablas, un tirante y tres tornapuntas.

El número de hiiadas de ladrillos está en relacion con el peso que ha de cargar sobre la cimbra; para bóvedas de 1 á 8 metros de luz bastarán, segun Lebrun, dos hiladas de ladrillos. Cuando sea la luz de 8 á 12 metos tres hiladas. Cuando de 12 á 18 metros, cuatro hiladas; si de 18 á 25, cinco hiladas. Cita una de dos hiladas, la cual resistió á una carga de 3027 kilógramos por metro cuadrado, y aconseja que las hiladas inferiores se reciban con yeso y las superiores con buen mortero hidráulico, para que la humedad del hormigon no deslia el yeso.

La superficie de la cimbra debe cubrirse con una capa de mortero de dos á tres centímetros de espesor, formando el contorno del intrados; esto evita tambien que el hormigon se agarre al ladrillo.

En algunos alcantarillados de Paris se han empleado dovelas formadas de cascote ó piedras lijeras, envuelto su cemento. Antes de emplearse estos prismas, deben dejarse secar para que se verifique toda su contraccion, lo cual es preciso tener presente al moldearlas· al tiempo de emplearse deben mojarse.

Los romanos construian bóvedas de hormigon, y practica-

ban en las cimbras los adornos que habian de quedar en relieve despues.

Tapiales ó encajonados de tierra. Construcciones de adobes.

Los encajonados ó encofrados llamados *tapiales*, son de muy buena aplicacion para construcciones rurales y en edificios de poco valor, en que no han de cargarse armaduras de gran peso. En muchos pueblos de España se construyen de tapial la mayor parte de sus edificios; cuando no hay otros materiales disponibles á bajos precios, tienen la ventaja de que el calor penetra poco ellas. Empleo del tapial.

Generalmete los tapiales se construyen sobre el terreno sin abrir zanjas cuando sirve para tapias de cercados; pero cuando han de servir de muros de fachadas en edificios, tienen cimiento. Construccion del tapial.

Los tapiales se construyen por encajonados que son análogos á los indicados al hablar de las tapias de hormigon.

Como hemos dicho, la tierra es el material que se emplea en esta construccion, se ponen por tongadas de 10 á 15 centimetros, y se apisona dentro del cajon; se ponen á veces machos de mampostería, ladrillo ó adobes para mas solidez; tambien se interponen entre las tongadas de tierra otras delgadas de mortero de cal. Lo mas comun es construír las tapias con *rafas* de cascote y yeso ó cal, que son machos interpuestos entre los cajones ó tapias que terminan por los ángulos inferiores del cajon en forma curva.

Toda tierra que no sea demasiado grasa ni muy áspera, es á propósito para esta construccion; la tierra se prepara pasándola por arnero; si es demasiado áspera se humedece por aspersion. Suelen enlucirse los paramentos con cal para preservarlos mejor; pero es necesario dejar pasar al menos seis meses para que se enjuguen bien antes de aplicar el enlucido.

Concluido un cajon se pasa al inmediato abriendo en aquel una roza de arriba á abajo para que haya mejor enlace. Los cajones superiores deben hacerse á juntas encontradas con los inferiores.

Las albardillas mas baratas para cubrir las cercas de tapias son de ramas, paja, etc.; para mayor permanencia se pone un verdugo de dos ó tres hiladas de ladrillo; sobre esta se hace avanzar un alero de cada lado con dos hiladas salientes, y se forma un tejadillo á dos aguas con ladrillos ó baldosas, formando el caballete con tejas sobre mezcla.

En España son muy antiguas esta clase de construcciones, y Plinio las cita haciendo ver la solidez y economía que presentaban.

En la actualidad aun se conservan edificios y cercas de grande elevacion que cuentan muchos años de existencia.

Generalmente se refuerzan los ángulos con materiales mas resistentes poniendo machos y verdugados de trecho en trecho, y esta disposicion es indispensable cuando se carga encima.

Paredes de adobes. Los adobes se emplean segun se indicó al hablar de la fabricacion de estos en la construccion de macizos como los tapiales. Aun en edificios de alguna entidad suen tener aplicacion; en España son muy comunes las construcciones de este género.

Las fachadas esteriores se revocan despues de haberse secado para preservarlas de la humedad, bien sea con morteros comunes ó hidráulicos ó con betunes calientes, y tambien se ha empleado un barniz que endurece mucho, compuesto de cenizas de madera tamizada, cal viva, tambien tamizada y aceite, el cual produce un color gris. Para que agarre el revoque se dejan botes ó huecos llenos de ripio y mortero.

Es necesario sentar los adobes por hiladas horizontales, y por igual para que no hagan asientos considerables, y colocar en los vacios maderas para evitar el desarreglo al hacer el asiento.

QUINTA SECCION.

GUARNECIDOS Y DECORACIONES DE ALBAÑILERIA.

Cuando no quedan aparentes los materiales en los paramentos esteriores se revisten con argamasas que igualan la superficie y decoran las fachadas.

Enfoscado. La primera operacion es el *enfoscado* ó enforcado que consiste en tapar los mechinales, que se dejan para los andamios, y las desigualdades que resultan de la construccion. Despues se *repellan* con mezcla para formar aproximadamente un paramento plano, el cual se perfecciona por el *jaharro*.

Jaharro. Para esta operacion se echa un poco de mezcla ó yeso en la parte superior al costado de la pared, cuyo grueso es el que ha de

tener el guarnecido: seca esta, se pone sobre ella una plomada, y se van marcando con el mortero ó mezcla otros *puntos tientos* inferiores de la salida que marca la plomada. La misma operacion se verifica en el lado opuesto de la pared, fijando otros puntos intermedios con cuerdas y reglones. Puestos los *puntos tientos* se forman las *maestras* que son cintas de mezcla ó de yeso que van de *tiento* á *tiento*, que sirven de registro para formar la superficie del jaharro. Con este objeto se pone el reglon en los puntos, y se rellena el hueco entre este y la pared, recortando el yeso escedente despues que ha fraguado. Si se usa mezcla en vez de yeso, se dirigen las maestras con cuerda para que no se pegue el reglon. Despues de hechas las maestras se echan pelladas de yeso ó mezcla, y se rellena é iguala los espacios que han quedado entre las maestras, pasando el borde del reglon, el cual se apoya para esto sobre las maestras: se rellenan las faltas que resulten, y se vuelve á proceder del mismo modo hasta que desaparezcan.

Si el jaharro es muy grueso se enripian las tongadas para economizar mezcla y que unan mejor.

Cuando se jaharra con yeso se emplea el negro á ordinario. Suele entenderse por tendido si se emplea yeso, y enfoscado cuando mezcla.

El tendido de los techos exige aun mas cuidado que el de las paredes; se verifica por dos ó mas cuadrillas con el objeto de que se haga á la vez, cuando el espacio pasa de 8 á 10 metros; debe cuidarse de que el yeso que empleen todas las cuadrillas tenga la misma consistencia.

Sobre el jaharro se enluce ó blanquea á llana, y á veces se verifica preparando la última capa de jaharrado con mezcla fina, y se pasa la *frata* humedeciendo la superficie para que se alise mejor, ó bien se alisa con una piedra plana. Estas operaciones se deben verificar cuando ya ha tomado bastante cuerpo la mezcla del jaharro. Al hacer este se forman los resaltos apilastrados, almohadillado y molduras. Blanqueos.

Los enlucidos se hacen con mezcla de cal, y con yeso ó estuco. Se necesita que esté aquella bien disuelta y que la arena sea fina; para esto se *cuela* la cal y se zarandea la arena. El albañil coje con la llana ó paleta (aunque es preferible la primera), que tiene en la mano derecha, una pellada ó mezcla del cuezo, la echa sobre el *esparabel* que tiene en la izquierda, y va cogiendo las porciones que necesita con la paleta para estenderla. Despues que ha tomado algo de cuerpo la mezcla y está bien igualada con la llana, se bruñe con la misma paleta ó bien se *fratasa*, es decir, se bruñe con la frata ó ta-

locha. Para verificar esto último, es preciso que no se haya secado completamente el enlucido, y hay necesidad de refrescarle con agua.

El blanqueo con yeso se tiende tambien con la llana sola ó usando el esparabel como se dijo antes, y despues un peon iguala la superficie lavándola con la muñeca de trapo.

En las paredes viejas hay que raspar ó picar antes de enlucirlas.

Debe procurarse haya uniformidad en el espesor del tendel; generalmente es de unos 5 milímetros.

El *blanqueo* debe ejecutarse en varios puntos á la vez para evitar las desigualdades que resultan de secarse unas partes antes que otras, y para esto en estensiones grandes de pared se emplean varias cuadrillas de albañiles.

Para unir una parte ya seca de guarnecido con otra, se debe cortar en bisel la union para que sean mayores las superficies de juntas, mojar estas, y cuando sean de alto abajo las uniones, cortarlas inclinadas para que la parte nueva descanse por mas puntos sobre la vieja, y al tiempo de tender se hace corriendo la llana hácia la parte vieja y apretando esta en la union.

El blanco llamado de borra, que es un mortero compuesto de cal, arena y arcilla, á la que se mezcla pelote, se emplea en algunos puntos para economizar cal.

Para hacer este mortero se echa la cal ya apagada en una *alberca*, en la cual hay una rejilla ó alambrera para que pase solo la cal y no las piedras ó cuerpos estraños que pueda contener. Despues se mezcla la arena y la arcilla, y la cal y arcilla, formando lechada, y bien mezclado todo se echa el pelote hasta que el mortero adquiera la consistencia necesaria. La mejor *borra* es la de becerro ó el *tendido* del paño; debe escarmenarse para limpiarla bien. Su empleo se hace por tendeles alisando con la llana, dando la última capa de mortero de cal mas fina y del mejor pelote.

Revoque y enlucido.

En las paredes espuestas á la intemperie; es conveniente revocarlas con mezclas hidráulicas ó cementos.

Para aplicar estos materiales es necesario procurar agaren lo mejor posible, para lo cual en las mamposterías nuevas que tienen suficientes asperezas, se quita el mortero comun de las juntas profndizando algo estas, introduciendo mortero hidráulico. Antes de aplicarse se limpia con una escobilla fuerte, y moja la parte en que

ha de ponerse, procurando conservar húmedos los paramentos durante la aplicacion del enlucido.

El mal éxito que suelen tener los enlucidos con cales hidráulicas puede consistir en el esceso de cal y el modo defectuoso de usarlos. Debe emplearse una arena muy pura y mas bien gruesa que fina, y no debe comprimirse demasiado con la llana ni poner una capa sin que haya fraguado la anterior.

En las mamposterías viejas hay que picar y limpiar la superficie siguiendo por lo demás las mismas reglas anteriores.

Cuando se usa mezcla en los guarnecidos no deben echarse inmediatamente pelladas sobre otras, sino cuando las primeras capas se han estendido y han tomado alguna consistencia.

En los muros ó bóvedas de mampostería ó de ladrillo, cuando el objeto sea solo disminuir las causas que producen las filtraciones y la cal hidráulica, puzolana ó cemento sean caros, pueden rellenarse solo las juntas, profundizando y limpiando antes estas y no enlucir el paramento.

Es conveniente alisar el enlucido, particularmente en las obras en que haya contacto frecuente con las aguas para evitar se depositen estas en las desigualdades; esta operacion se hace con la llana.

Despues de construidas las obras de ladrillo, cuando quedan al descubierto se *recorren* y *reciben* las juntas; esta operacion consiste en estraer hasta cierta profundidad el mortero comun, y rellenarlas con otro mortero mas fino ó hidráulico, dejando bien cortados tanto los tendeles aparentes que resultan, como las llagas verticales. Para verificar esta operacion en las juntas de los sillarejos ó sillería, se estrae la mezcla de ellas, y se rellena con el cemento ó mortero que se emplee, cortándolos á regla al ras del paramento, ó bien formando una canal ó resalto. Retundidos.

El trasdos de las bóvedas se cubren con una *capa* ó *chapa* de hormigon ó mortero que debe ser hidráulico para evitar las filtraciones, alisando la superficie. Chapeados.

Tambien se hacen los enchapados de asfalto que debe aplicarse cuando esté bien seca la mampostería.

Los revoques de fachadas se hacen sobre el guarnecido pintado al *fresco* ó sea sobre mortero fino de cal que esté todavía fresca sin endurecer, para que unan bien los colores; solo se tiende el sitio que puede pintarse en un dia. El blanco de cal se prepara disolviendo esta apagada espontáneamente ó por el método ordinario en un cubo ó vasija cualquiera, y dejándola aposar quitando la tela ó nata que se forma, y esta cal es la que se da á brocha; suele Revoques.

echarse polvo de mármol blanco. Se usan los colores que se indicaron al tratar de los estucos, los cuales se disuelveu en agua; en general bajan de tono despues de secos, y hay que contar con esto para darles la fuerza necesaria.

Se usa tambien para revoques cal apagada, polvos de piedra y ocre del color que se quiera, se deslie en un cubo de agua, y en este se disuelve una libra de alumbre; se da con brocha.

Para frisos suele mezclarse el yeso con polvos de carbon, almazarron, etc.

En las fachadas se han generalizado los revoques de estucados y escayolas, y lo mismo en los portales. Los primeros los estiende el albañil, y el pintor va pintando, bien sea de un color ó imitando betas de mármol, y despues de seco, los mismos albañiles suelen pulimentarlo, como se dijo en la parte cuarta. Los escayolados imitan las betas, incorporando masas de colores, de modo que no desaparecen estas aunque se raspe; la composicion se hace antes en un tablero.

Agramilado.

Cuando el ladrillo con que se construyen las fachadas de los edificios sea fino, es la mejor decoracion dejar este aparente, recibiendo las juntas y cortándolas á regla. Cuando se quiera mas esmero se aplantillan los ladrillos y se raspan sus cantos aparentes. Esta operacion se hace cortándolos con el aziche, y pasando dichas caras sobre una piedra arenisca, lo cual se llama *agramilar*. Despues de puestos en obra se pasa una piedra arenisca para igualar.

Historiado de la mamposteria.

Las paredes de mamposteria ordinaria, cuando son de cerca o en los muros de sostenimiento, y se dejan sus caras sin revocar, se concluyen rellenando y enripiando los huecos que resultan, limpiándolas para que tengan buena apariencia; operacion que se suele llamar *historiar*. Otras veces se decoran embutiendo al tiempo de limpiar los paramentos en el mortero con que se rellenan los huecos y juntas, chinas, guijas, cristales, conchas y fragmentos de piedras de colores que se llama *chinar*. Esta misma operacion suele hacerse limpiando las juntas, y poniendo cintas de mortero, siguiendo las sinuosidades de estas, y embutiendo en ellas los fragmentos citados. Tambien suelen guarnecerse con mortero toda la superficie del cajon de mamposteria, y en ella embutir los fragmentos formando dibujos ó sin orden.

Resaltos de ladrillo y molduras.

En las fachadas de los edificios suele ser necesario construir impostas, fajas ó molduras salientes, bien sean corridas en aquellas ó alrededor de los huecos, ó cornisas para apoyar los aleros, y toda esta decoracion es mas permanente si se construye de ladrillo en vez

de hacerse de yeso; sin embargo que en la actualidad se usan decoraciones de esta clase, de arcilla cocida.

Las fajas y resaltos se forman con ladrillos de canto ó sea sardinel, cuando es su ancho del largo ó ancho del ladrillo; si es mas estrecha pueden cortarse los cantos por abajo, y si es mayor combinando hiladas horizontales de plano con sardineles ó varios de estos, teniendo presente conviene colocar las hiladas de plano mas bien sobrepuestas al sardinel que en la parte inferior, para que se conserven mejor los cantos. Tambien debe procurarse que no vuele el ladrillo mas de su mitad para que esté seguro.

Las molduras y cornisamentos se hacen tambien del mismo modo, cortando el canto del ladrillo; para formar los filetes se hacen con hiladas horizontales de plano. Si estas cornisas se hacen para sostener los aleros, debe cuidarse de colocar hiladas horizontales de plano en la parte superior para recibir el tejado. Como tienen mucho vuelo estas cornisas, y es preciso que el ladrillo tenga bastante entrega ó entrada para asegurarse, se hacen de mayores dimensiones los de dicho sitio.

Cuando se decora con pilastras ó columnas empotradas, fajas verticales, almohadillados, etc., del ladrillo, se ha dicho ya que se levantan al tiempo de hacer las paredes.

Cuando se figuran con el yeso las decoraciones, tambien se ha indicado se forman al hacerse el guarnecido.

Resaltos y molduras de yeso.

Cuando hay que *abultar* con yeso las fajas y molduras, si resalta muy poco basta echar las pelladas sobre la fábrica y cortar estas; si sobresalen mucho es necesario preparar la superficie con asperezas y partes salientes, bien dejando ladrillos algo salientes, ó clavos llamados hijuelas.

Si es una cornisa la que hay que *abultar*, se empieza por fijar en los estremos ó puntos intermedios necesarios puntos de yeso con el vuelo y dimensiones que debe quedar el filete ó moldura superior, y se corta de un estremo á otro. Se colocan reglas sobre el vuelo enrasando los bordes con él, de modo que estén perfectamente alineadas y se sujetan con pelladas de yeso. En la parte inferior se afianzan reglones, por los que se corre la *terraja* ó plantilla en la cual está cortado el perfil de las molduras. Para que no se ladee esta se encaja por su borde inferior en una regla sostenida por dos piezas lateralmente que sirven para manejarla; al correrla se cuida de mojar los reglones que guian el corrido, para que no se pegue el yeso. La terraja debe apoyarse con fuerza á los reglones, pasarla con lijereza y despues rellenar los huecos que resulten y volverla á repasar. Su corte está en bisel, y cuando el yeso está muy blando se

corre fácilmente del lado de este bisel de izquierda á derecha; pero cuando ha fraguado el yeso hay que correrla en sentido contrario, pues en este caso tiene que ir cortando, y á veces cuando ofrece mucha resistencia hay que manejarla corriéndola pequeños espacios, y en ambos sentidos.

El yeso debe estar forjado mas fuerte en los primeros pasos de terraja, y mas flojo para concluir.

Las jambas de puertas y ventanas se hacen con terraja que se apoya por un lado en un reglon vertical colocado á la parte del vano bien asegurado, por el cual corre, y por el otro en las cintas de guarnecido ya arregladas al plano en que ha de quedar el paramento. Las terrajas están formadas en este caso como en el anterior, de la plantilla encajada por su borde inferior en una pieza de madera y asegurada con piezas inclinadas.

Para formar molduras en los ángulos entrantes de los techos, se procede de un modo analogo, fijando maestras y reglones por donde corra la terraja. Las uniones en los encuentros de molduras se recorren á mano.

Para las molduras circulares que forman las archivoltas de los arcos de puertas ó ventanas ú otra clase, se forman dos maestras verticales y una horizontal en la parte superior que sean tangentes á ella y la circunscriben, y otra que abraza el arco. Se traza estableciendo un liston en el diámetro del vano, bien asegurado, si es preciso, con postes verticales, y en él se fija el centro con un clavo. De este modo puede trazarse la línea esterior del arco en la pared, para formar la maestra curva y servir para el cintrel de la terraja. Hecho esto se rellena el hueco entre las maestras, y la parte de paramento arreglado sirve para guiar un estremo de la terraja; esta se fija á una varilla, y apoyada por un punto de su longitud en el centro, se hace girar y se corre la moldura.

Para que el yeso asegure bien, se dejan dientes del ladrillo al tiempo de construir la bóveda.

En el caso de ser elípticas las molduras, se emplea un compás de esta clase, y al estremo de las varillas que le forman se pone la terraja. En los arcos rebajados, cuyos centros estén muy distantes y no sea fácil fijarlos en los vanos, se pueden usar cerchones para apoyar la terraja en ellas.

Las fajas, pilastras, almohadillados, y en general los resaltos planos, se figuran trazando en el paramento su dibujo y poniendo puntos tientos y luego maestras, como se dijo al tratar de los guarnecidos, y rellenando con la mezcla ó yeso los vanos que resultan

entre ellas. Tambien suele hacerse fijando reglas entre las cuales se rellena, quitando estas despues.

Para cortar las molduras á mano, bien sea en las uniones de las hechas á terraja ú otros casos, se usan formones y gubias como las de carpintero, y reglas que deben ser de madera dura ó con cantoneras.

Para disimular ó cubrir las piezas de armadura, zapatas, etc. se suelen clavar tablas, las cuales se guarnecen clavando antes puntas ó tachuelas para que agarre el yeso. Las columnas y pilastras se fingen forrando los piés derechos con tablas, guarnecidos, ó con telares y estucado. Tambien se emplean trozos de tubos de barro cocido con paredes huecas de celdillas, sistema empleado en Inglaterra, en donde se fabrican los trozos con las máquinas de Clayton. Revestidos y forros.

SECCION SESTA.

PAVIMENTOS.—TECHOS.—TEJADOS.—TERRADOS.

Pavimentos ó suelos.

En los pavimentos tienen aplicacion materiales mas ó menos resistentes ó decorados, segun estén construidos en el interior de habitaciones, en patios, portales, etc. Diversas clases.

En el primer caso se usan los solados comunes de baldosas, los mármoles, pizarras y maderas. En el segundo hormigones, adoquinados de piedra, de madera, etc.

Los romanos construian con esmero los pavimentos, empleando primero una capa de mamposteria menuda, la segunda capa de hormigon y la tercera de mortero de cal y puzolana natural ó artificial, todo de unos 50 centímetros de grueso. En los pisos superiores de los edificios eran mas delgadas las capas, y sobre el entablonado colocaban una camada de paja. Pavimentos romanos.

Es notable la construccion que usaban los griegos en los pavimentos de sus comedores, compuestos de una capa de hormigon ó Pavimentos griegos.

baldosa, otra de carbon, y sobre ella la última de mortero de cal, arena y ceniza; tenia por objeto esta disposicion al absorber los líquidos que pudieran caer al suelo.

Pavimentos de Italia.

En Venecia y varios puntos de Italia se hacen pavimentos de hormigon que toman un buen pulimento; disponiendo la primera capa de mortero de cal comun y puzolana de unos 10 centímetros, y la segunda de unos 5 mas blanda para introducir fragmentos de marmol, formando dibujos, que endurecido y alisado produce muy buen efecto. El uso de pavimentos análogos se ha introducido en Madrid, habiéndose construido de esta clase muy bellos en el Congreso de Diputados y en la rotonda dei Museo de Escultura. (1)

Solados.

Para la construccion de los suelos de habitaciones se prepara una superficie plana y nivelada sob.e entrevigados que se esplican luego, poniendo una capa de yeso que se suele d-jar sin baldosado en los desvanes ó habitaciones de los pueblos. Cuando ha de recibir baldosa, se echa el mullido de una capa de tierra y cascote de unos 8 centímetros; pero suele abusarse poniéndola de mucho grueso, cargando demasiado los techos de este modo, lo cual tiene el objeto de que se trasmita menos el ruido á las habitaciones interiores. Cuando se deja hueco el entrevigado, se pone la tongada de yeso sobre entablonado.

Entre la capa de yeso y las tapias debe dejarse un huelgo en razon al aumento de volúmen que adquiere aquel al fraguar.

Para colocar las baldosas se nivela el suelo y se regulariza con la ton ·ada de cascote. En seguida se colocan varias baldosas que sirven de guia en los ángulos y puntos intermedios, y se tiende dos cuerdas, una á lo largo y otra á lo ancho en el medio de la habitacion. Sentada una fila á lo largo de la cuerda, con un reglon colocado sobre ellas se aprietan para que todas queden á un nivel, y se continúa poniendo filas oblicuas hasta llegar á otra cuerda paralela á la primera á cosa de un metro de distancia, y se vuelve á empezar otra cuadrícula de filas oblicuas. A medida que se van poniendo baldosas se estiende debajo yeso claro, ó mortero si es en los portales ó patios el baldosado. Las pizarras ó mármoles se sientan de un modo análogo.

Para construir los solados hay generalmente obreros especiales llamados *soladores*.

(1) La descripcion de los pavimentos romanos de mosáico con piedras y esmaltes, y la construccion de los modernos, se indica en el Manual del fabricante de porcelana de la Enciclopedia Roret.

En el caso que se formen dibujos con las pizarras ó mármoles, se tienen los diseños, y proceden en la colocacion segun convenga mejor.

En el solado con baldosas comunes se distinguen tres clases, el tosco empleando la baldosa como viene del tejar, cortada ó escafilada por los cantos para que junten bien; y cortado y raspada por la cara.

Techos.

Colocados los maderos de suelo se procede á construir los techos de las habitaciones. Clases.

Se pueden dividir en tres clases, segun lo hace Villanueva, los *entrevigados* que forman los techos de las habitaciones inferiores, y suelo del piso superior, que son: 1.° los que se forjan con cascote y yeso, rellenando así los huecos entre la viguetas; 2.° las que se forjan de *bovedillas* descubiertas, quedando estas y las maderas al descubierto, y 3.° los cielos rasos tabicados ó alistonados bajo bovedillas.

Para construir los primeros, se entomizan los maderos, y debajo de estos se clava de prestado tablas para contener el material con que se macizan los huecos, las cuales se van mudando de sitio á medida que se concluye un espacio. Construccion de bovedillas y cielos rasos.

El forjado de bovedillas se hace colocando entre las viguetas un *galápago* ó formaleta rellenando con cascote y mezcla los huecos por la parte superior hasta enrasar con los maderos, y quitando el galápago despues quedan formadas las bovedillas.

Se forman los cielos rasos claveteando las caras laterales de las viguetas por su parte inferior, y tegiendo entre estos clavos tomizas; por debajo se coloca un tablero y se echa el yeso sobre las tablas por el hueco que hay entre las viguetas, el cual forma el tabique delgado del cielo raso. Para agarre el guarnecido se entomizan antes las maderas de suelo arrollando tomiza.

Los cielos rasos enlistonados se forman clavando debajo de las maderas del suelo listones de tablas delgadas entomizadas á distancia de un centímetro próximamente entre si. Se echan las pelladas de yeso con fuerza para que agarre, igualando despues por la parte inferior. Son fáciles de hacer esta clase de cielos rasos, pero suelen formar hendiduras.

Son de un uso muy general tambien en vez de listones y tomizados, los cañizos ó tejidos de cañas clavados por la parte inferior á las viguetas y forjados con yeso.

Los entrevigados macizos pesan mucho. Los huecos pueden hacerse volteando en la parte inferior bovedillas, con la concavidad hácia arriba en vez de hacerse el tabiquillo plano y resulta mas sólido. En estos casos se entabla el piso para poder solar sobre él conservando los huecos del entrevigado.

Tejados.

Las armaduras que se cubren con los tejados están compuestas de uno ó mas planos inclinados llamados *tendidos*. Pueden ser las cubiertas á un agua ó con un solo tendido que vierte a un frente; á los trozos laterales triangulares de pared que resultan desde el alero hasta el encuentro con la armadura, se llaman medios témpanos ó medios astiales; á la parte mas elevada de la armadura, *caballete;* á la voladiza mas baja que arroja fuera de la fachada las aguas, *alero*.

Cuando las aguas vierten á dos lados, se llaman tejados á dos aguas, y en este caso, los trozos laterales indicados de las paredes forman témpanos ó astiales enteros.

Cuando son á *tres aguas*, se encuentran los tendidos y forman ángulos salientes que se llaman *limas tesas*, y los dos tendidos menores *copetes*.

Cuando son á cuatro aguas se forman tambien limas tersas, y si no es la planta del edificio cuadrada, dos copetes. Pueden ser varios los tendidos si la planta es poligonal.

Si los tejados vierten las aguas al interior de los edificios, los encuentros de los tendidos forman ángulos entrantes que se llaman *limas hoyas*

El asiento de las tejas comunes se hace sobre tablas de *chilla* por filas, colocadas unas con la concavidad hácia arriba, solapando las superiores á las inferiores; estas son las *canales*; otras filas con el lomo arriba, llamadas *cobijas*, abrazan con sus bordes las dos filas de canales.

Se empieza á sentar por las orillas cuando es á un agua, poniendo una fila de tejas con su concavidad hácia abajo, de modo que solape los cantos de las tablas, estas se reciben con yeso ó mezcla, y se calzan. Al costado de esta se coloca sobre el alero la primera teja de la canal, sobresaliendo menos de su mitad por su boca mayor y asegurada con mezcla.

Para registrar ó dirigir la primera hilada de canales, se fija una cuerda en el alero, de modo que pasándola sobre la primera teja canal y colgando un peso al otro estremo quede perpendicular al alero, despues se pone la fila de canales, de modo que siga la direccion

de la cuerda sentándola sobre mezcla, calzándola bien y solapando la superior á la inferior un tercio de su longitud proximamente. Se pone despues la primera fila de cobijas solapando á esta de canales y á la primera que se puso á la orilla, y se continúa sentando las filas de canales y cobijas sobre mezcla.

Sobre las limas tesas se pone una fila de cobijas sobre tortada de mezcla, y lo mismo en los caballetes. En el encuentro de estas hay que cortar la teja con la direccion que pida. Lo mismo sucede en las líneas hoyas, y en este caso se pone debajo una ó dos filas de tejas canales para que viertan las aguas, y mejor se forma la canal de zinc ó plomo.

Se llama asentar á *teja vana* cuando no se rellenan los huecos entre las canales; y se ponen las cobijas desde luego sobre ellas. A lomo cerrado ó á torta y lomo cuando se llenan los huecos, como se ha dicho.

Las tejas de otra clase se sientan tambien sobre mezcla ó enganchadas ó bien clavadas, segun sea su clase.

En los tejados cubiertos con tejas comunes, no debe esceder la inclinacion de unos 26 grados.

Las empizarradas se colocan como las tejas planas, cubriendo los bordes de las superiores los de las inferiores y clavadas por arriba. Esta clase de material debe ser muy compacto para que no absorba el agua. Se considera de buena calidad cuando no absorbe mas de $^1/_{50}$ de su peso, y superior cuando $^1/_{70}$. Para poder reparar los empizarrados se dejan garfios en la armadura, y en ellos se aseguran los operarios por medio de cuerdas. Empizarradas.

Las cubiertas de plomo pertenece su colocacion á los plomeros, y lo mismo las de zinc, que son de uso mas general actualmente. Cubiertas de plomo y de zinc.

Se construyen tambien cubiertas de una pizarra artificial ó carton piedra, compuesta de creta y otras sustancias, y papel encolado formando hojas, las cuales están pasadas por entre cilindros como las chapas de metal para obtener una pasta densa, y además barnizadas sus caras; se clavan estas chapas y se pintan, despues de colocadas, al óleo. Carton piedra.

Terrados.

En los edificios suelen construirse, en vez de cubiertas inclinadas, *terrados* ó *azoteas* con muy pequeña inclinacion, para que pueda andarse cómodamente. Están generalizados en las provincias del Mediodía de España, en Italia, Turquia, Prusia y otros paises, para desahogo de las habitaciones. Tienen grandes inconvenientes en los

paises en que llueve mucho, porque, aun tomando varias precauciones, es dificil evitar las goteras, lo cual destruye las armaduras. Para revestirla se emplean los plomos, el zinc, los hormigones y otros materiales; pero lo mas comun son las baldosas, cuyas juntas se reciben con mezclas hidráulicas ó betunes.

En Italia se suele formar el pavimento de los terrados con una capa de hormigon de 15 á 20 centimetros bien comprimido, sobre la preparacion conveniente de juncos ó materias vejetales: esta capa se cubre de arena para que seque lentamente; otras veces se forma la primera capa de ripio, la segunda de engravado con mortero, y la tercera de mortero con arena.

Los morteros hidráulicos son de buena aplicacion para estos terrados. Cualquiera que sea el material que se emplee, es necesario dejar la pendiente conveniente que permita andar por ellos sin incómodidad, y dar al mismo tiempo la mejor salida posible á las aguas.

El asfalto tiene aplicacion en los terrados, asentándolo sobre un entablonado bien unido; pero los cambios de temperatura suele agrietarlos.

Hace algunos años un arquitecto francés, establecido en Alemania, construia los terrados echando primeramente una capa de arcilla de 15 centimetros, pura, bien amasada y apisonada, y mezclada al amasarse con pelote por mitad de la arcilla, ó segun la crasitud de esta; sobre dicha capa, despues de bien seca, se da una mano de betun de carbon de piedra muy caliente; sobre esta bien seca se pone una tela fuerte, sobre ella una capa clara de arcilla que penetra los poros, otra de barniz de pez y resina, y sobre esta polvos de teja tamizados.

SECCION SEPTIMA.

OBRAS ACCESORIAS DE UN EDIFICIO.

Asiento de nudillos y umbrales.

Los *nudillos* son maderos que se colocan y fijan en las paredes para poder clavar en ellos los marcos de puertas y ventanas, asegurar molduras, etc. Cuando hay que fijarlos, en el primer caso se po-

nen en los ángulos en el sentido del grueso de la pared sobre tortada de yeso, algo retirados del haz del vano. Sobre los dos nudillos se pone el *umbral*, que es una pieza de madera, la cual se clava á los nudillos, y cuando tiene que estar compuesto de varias piezas en el sentido del grueso de la pared, se engatillan con listones. Para que agarre el yeso, se tamizan y se hacen picaduras con la azuela.

Los *marcos* ó *cercos* de puertas y ventanas, sobre los cuales se fijan despues las hojas de estas, se sientan antes de verificar los tendidos. Antes de fijarlos definitivamente, hay que *presentarlos* en el sitio que deben ocupar, para arreglar su asiento por medio de la plomada y escuadra, y entretanto se sostienen con cuñas, clavos clavados lijeramente ó de *prestado*, y algunas pelladas de mezcla ó yeso. Despues de puestos definitivamente en su sitio, se clavan á los nudillos y umbrales, y se reciben con argamasa. Asiento de cercos de puertas y ventanas.

Se pasa despues al guarnecido de las *mochetas* y *alfeizares*, que son los gruesos de tapia que hay escedente del marco que forman los huecos, uno al esterior y otro al interior de la habitacion, para adaptarse las hojas de las puertas ó ventanas. Para ello se coloca y fija un reglon á uno y otro lado que sirve de maestra, de modo que esté á plomo y á escuadra con la pared y cerco, y paralelo á este; se rellena con la mezcla el hueco que resulta entre el reglon y fábrica, y para igualar esta se corre un escantillon ó regla pequeña, la cual tiene una ranura del ancho de la parte de cerco que debe dejarse á descubierto; para formar la mocheta del otro costado y de arriba, se coloca un reglon vertical y otro horizontal. En los alfeizares que son inclinados se procede del mismo modo, colocando las reglas del modo conveniente, segun sea la inclinacion ó desvío.

Las chimeneas de cocinas pueden tener sus cañones para dar salida al humo en el esterior ó interior del muro. En el primer caso se levantan sus paredes cuando se hacen las del edificio, y se cierra el lado interior con tabique, que es generalmente á soga. En el segundo caso se deja igualmente el hueco en el muro al tiempo de elevarle, y se cierra con tabique. Chimeneas.

Unas veces hay en comunicacion varios cañones, y en estos casos están separados por un tabique de ladrillo. Siempre deben subirse separados de las maderas de los pisos, para que no haya esposicion á fuegos. Cuando se construyen con los ladrillos tubulares que se describieron en la parte tercera, estos forman el cañon.

Las campanas de chimenea se forman con yeso solo de dos modos. Uno trazando su grueso en la pared á que se une, cogiendo con la paleta yeso amasado algo fuerte, y con esta y la otra mano formando una especie de ladrillo que se pone arrimado á la tapia; á

continuacion de este otro, uniéndolos y alisando con la paleta, y continuando sobre estos levantando la campana por zonas de unos 10 centímetros del mismo modo. Otra es colocando una tabla al interior, y sobre ella se van formando las zonas indicadas. Concluida una tanda se traslada la tabla y se hace otra, ó se pone un tablero de mayores dimensiones que sirve de cimbra. Estos tabiques tienen unos 0,08.

La mesilla ó vasar se deja unas veces y otras no, y la campana se apoya solo en una cadena de piezas de madera ó hierro, por consolas ó por barillas aseguradas en el techo.

Los cañones deben elevarse mas altos que los caballetes del tejado, para que el aire no choque y rebata el humo. Al tiempo de levantarse se guarnece y blanquea el hueco del cañon, pues despues no seria fácil ejecutarlo, con el objeto de que se pegue menos el humo que si tuviera las asperezas de la fábrica; á la conclusion suelen estrecharse y se cubren con la *mitra*, que se hace bien sea de yeso ó ladrillo, ó con barras y chapas de hierro, y en esta sirve de cubierta; se dejan claros á los lados para que salga el humo. Tambien se suelen poner cañones de palastro.

Las chimeneas llamadas francesas tienen su suelo separado del de la habitacion; por los costados se terminan con dos tabiquillos cuando están embebidas en la tapia, y los costados de hierro de ellos están separados de aquellos. En el testero hay una chapa algo separada del muro.

Chimeneas de fábricas. En ciertos establecimientos industriales se construyen chimeneas aisladas y de gran altura, de forma piramidal, cónica ó cilíndrica; suelen tener una elevacion de 30 á 35 metros, y 0,^{m}55 diámetro superior. Se cita como la mayor una construida en Manchester de 125 metros de altura, 7,5 de diámetro esterior en la base, 2,7 en su parte superior, entrando en ella 4.000,000 de ladrillos.

La altura queda dividida en zonas, formando resaltos interiores para disminuir el espesor; generalmente el resalto es de medio ladrillo en cada escalon.

Para su ejecucion, el albañil se coloca en el hueco del cañon, y va dejando *michinales* ó agujeros interiores, en los cuales coloca travesaños y tablones para formar el andamio á medida que se eleva.

Tambien suelen fijarse garfios interiores á ciertas alturas, y colgar de ellos los andamios, tanto para concluir como para reparar la chimenea. Para guiar el paramento esterior se emplea el nivel de talud ó la plomada. El grueso de la fábrica es generalmente de triple asta en la parte inferior.

No todos los albañiles construyen bien estas chimeneas, pues exi-

gen cierta práctica para que no resulten desigualdades notables en el paramento esterior; se trajeron al principio para construirlas en España albañiles ingleses, pero en la actualidad se hacen por oficiales españoles.

Bajadas y comunes.

Cuando no hay alcantarillas á las cuales vayan á parar las aguas sucias, se construyen pozos ó depósitos que se revisten con fábrica, que debe ser impermeable, para lo cual conviene emplear mezclas hidráulicas; á ellos deben acometer las bajadas ó tubos que conducen las aguas desde los comunes. Estos tubos son generalmente de barro, formados de caños enchufados; pero son mejor de hierro; deben estar colocados verticalmente para evitar se obstruyan; están unidos al *vaso* ó cubeta superior por un tubo curvo, y desaguan por otro de la misma clase: estos tubos deben ser al menos de unos 22 centimetros de diámetro interior. Los vasos se sientan debajo de la *meseta*, que es de ladrillo ó forjado de yeso; sobre esta se ponen las tablas ó piedras.

Pozos de aguas claras.

Los pozos de aguas claras y norias se revisten con ladrillo, y para verificarlo se coloca en el fondo *una cadena* ó bastidor de madera sin suelo, sobre el cual se va elevando la fábrica; cuando es de ladrillo, se sientan estos de plano de asta; el grueso del revestimiento depende del diámetro del pozo y calidad del terreno. Debe emplearse mezcla hidráulica.

Rompimientos.

Cuando se tiene que reedificar una parte de la planta baja de un edificio, sin derribar lo que hay encima, se llama *echar puntos*, y es necesario *apear* ó sostener la parte que se deja para edificar lo nuevo; lo mismo sucede cuando hay que abrir un hueco de puerta ó ventana.

Se empieza por rozar la tapia y abrir el hueco en que ha de introducirse un dintel ó puente horizontal, y puesto este se abren las rozas verticales para introducir los puntales que han de sostener el puente; cuando estos puntales se han asegurado, entonces se empieza el derribo del resto. Es operacion que exige mucha precaucion.

Reseña sobre las fundaciones.

El suelo sobre que se han de levantar los muros, y en general los macizos principales de edificios, presentan distintos grados de consistencia; así es que cada caso exige emplear diferentes sistemas para fundar los cimientos, de modo que despues de construido no se produzcan asientos ó movimientos sensibles en las fábricas. El estu-

dio y eleccion del sistema pertenece al director de las obras; solo haremos una ligera reseña de los diferentes que se adoptan.

El terreno puede ser *firme*, sobre el cual desde luego pueda levantarse el cimiento asentando las mamposterías, como sucede en los terrenos naturales de tierras compactas, arcilla, pedregosos compactos y rocas; ó puede ser *flojo* ó compresible, y en este caso exigir el auxilio de medios que le condensen antes de asentar las mamposterías, como sucede á los terrenos fangosos, á los de arena suelta si no está encajonada ó contenida por los costados, los terraplenes que no están bastante consolidados por la accion del tiempo, etc.

Cuando el terreno es firme se *vacian* ó abren las zanjas á poca profundidad, y se construye el cimiento. Cuando se encuentra este terreno firme á una profundidad considerable, debe estudiarse si convendrá mas emplear fundacion artificial que profundizar las zanjas hasta él. Despues de nivelar bien el suelo en toda la estension del cimiento, ó bien formando bancos ó escalones, se estiende una tongada de mezcla, y se rellena la zanja, sea con hormigon, que deberia ser siempre hidráulico, pues debajo de tierra hay humedad, ó de mampostería ordinaria ó ladrillo sobre una tongada de mezcla. Se deben elegir los mampuestos mayores y mas duros para el cimiento, y colocarlos por tandas ó capas lo mas horizontales que sea posible, bien enripiados y hechos con esmero. Con el ladrillo se fabrican los cimientos como se indica para los muros. Algunas veces la sillería arranca desde el suelo de la fundacion, ó bien se emplea material mas grueso, como sillarejos. El cimiento queda un decímetro ó mas bajo que la superficie del terreno, para desde allí arrancar las fábricas esteriores sobre una capa de mezcla. Siempre se hace el grueso del cimiento mayor que el de los muros ó paredes de que son base. Cuando hay piés derechos se necesita ponerlos sobre basas de piedra.

Los terrenos flojos se macizan y ponen mas compactos *mechándolos* con estacas de madera, que cuando son gruesas, toman el nombre de pilotes, las cuales se hincan hasta encontrar terreno firme, y cortadas las cabezas á un nivel, sobre ellas se cimenta; las puntas se queman ó se ponen azuches de hierro. Sobre estos suelen ponerse *emparrillados* de maderas escuadradas, bien sea colocadas en un solo sentido, ó formando cuadrículas de *largueros* y *traveseros* que se ensamblan á media madera, y se asegura con cabillas de madera ó se clavan; la mejor madera para esto es la encina. Los huecos se rellenan con el hormigon ó mampostería, se rasa, y encima se levanta la fábrica. Algunas veces se coloca un suelo de tablo-

nes para sobre él levantar los cimientos; tambien suele ponerse solo el emparrillados con el objeto de repartir mejor la presion sobre el suelo.

Tambien se mecha el terreno con pilotes de hormigon; para el efecto se introduce antes un pilote de madera, el cual, á medida que se hinca, se hace girar álgunas veces introduciendo en un ojo que se abre en él una barra; para que no se raje la cabeza se asegura con un collar de hierro. De este modo se alisa la pared del terreno y se saca con mas facilidad. En este hueco se echa el hormigon.

En fundaciones de gran profundidad se suelen construir por economía, para no emplear tanta mampostería, como en el caso de macizar las zanjas, bóvedas sobre pilares fundados en terreno firme natural ó artificial, y los huecos de las bóvedas se rellenan con tierra, cascote, etc., ó con el mismo terreno natural que se dejó; estos pilares y bóvedas pueden ser de hormigon y formados de arcadas de uno ó mas órdenes.

En las fundaciones hidráulicas hay que acudir á medios de ejecucion y sistemas convenientes en cada caso: asi es que para poder fundar en seco, y si el rio lo permite, se construyen *ataguías*, que son cajones cuyo espacio interior se agota. Estas se forman de encofrados de madera y tambien de palastro. Como fundaciones se emplean en este caso los mismos medios indicados antes, segun la clase de terreno, aunque siempre es necesario verificarlo á mayor profundidad y emplear mezclas hidráulicas y mayores precauciones que en seco.

Para no tener que verificar agotamentos que á veces no es posible practicar, se introducen, cuando el terreno lo exige, pilotes con roscas de hierro, ó se funda con pilas tubulares de hierro introducidas por medio del vacio y la presion y rellenas del hormigon.

Todos estos sistemas se describen en las obras de construccion, en particular en la de *Demanet*. Puede verse una reseña de ellas en el Manual inglés de Dobson, traducido al castellano por el señor de Bona.

OCTAVA SECCION.

HERRAMIENTAS Y UTILES DE ALBAÑILERIA PARA EL TRABAJO.

Artesa ó cuezo.—Es una artesa en la cual se amasa el yeso; las hay de varios tamaños, pero regularmente tienen un metro próximamente de longitud, y menos de medio metro de ancho y de profundidad.

Paleta ó palaustre.—Figura 274. Sirve para remover el yeso y amasarle en el cuezo, y para emplear la argamasa, cualquiera que sea, en las mamposterias; debe ser de cobre para evitar se oxide fácilmente, como sucederia si fuese de hierro; tiene unos 20 centimetros de longitud y 2 á 3 milimetros de grueso, el mango es de madera; *a* representa el frente, *b* el costado.

Llana.—Figura 275. Es de chapa de hierro templada de 25 centimetros de longitud, 14 de ancho y 2 á 3 milimetros de grueso. En el centro de la plancha tiene un agarradero ó asa de madera; sirve para estender el yeso, cal ó mezcla; uno de sus bordes suele hacerse dentado para raspar, y hacer asperezas en las tapias; *a* plano, *b* costado.

Esparabel.—Figura 276. Es una llana cuadrada de madera, de 30 centimetros de lado, que sirve para tener en ella la argamasa y cojer con la paleta la cantidad que se va empleando: el albañil la tiene con la mano izquierda; *a* plano, *b* costado.

Talocha.—Figura 277. Llana de mas de 60 centimetros de longitud y unos 12 de ancho; es de madera; sirve para igualar los paramentos que se han de cubrir con el enlucido; *a* plano, *b* costado.

Fratas ó *frotador.*—Figura 278. Pieza pequeña de madera con mango para igualar y fregar los guarnecidos de cal, dejando la superficie áspera con el objeto que puedan recibir el enlucido y blanqueo.

Batidera.—Figura 279. Es de hierro, y se pone en ella un largo mango de madera embutido en el útil; sirve para mezclar los materiales de los morteros; *a* vista por debajo, *b* costado.

Alcotana.—Figura 280. Sirve para cortar el material, demoler mamposterías, etc.; tiene el útil de hierro de unos 40 centímetros próximamente de longitud, con cortes en ambos estremos; uno de estos tiene forma de azuela y el otro de hacha. El mango ó astil entra en el ojo del útil.

Piqueta.—Figura 281. Sirve para los mismos usos que el anterior; el útil que es de una sola rama, que termina en punta, tiene un astil ó mango de madera que se coloca en el ojo del estremo.

Piquetilla.—Figura 282. Tiene la forma de un martillo largo que se llama *cotillo*, por un lado, y de azuela por otro; sū longitud es de unos 30 centímetros; sirve para los usos de las anteriores y para derribos, etc.

Pico.—Figura 283. Es un martillo grueso terminado por el otro estremo en una punta acerada, como indica la figura, para romper y cortar las piedras de mampostear.

Azadon.—Figura 284.—Es un útil de hierro de chapa gruesa, con mango ó astil en un estremo, normal, ó formando cierto ángulo con ella, para recoger los materiales y tierras y abrir zanjas; *a* plano, *b* costado.

Aciche.—Figura 285; tiene dos bocas cortantes en una misma direccion.

Palustrillo.—Es un útil de hierro en forma triangular que sirve para introducir la mezcla en las juntas.

El rifle.—Figura 286. Es de hierro con mango y forma de formon; se emplea para cortar molduras, aristas, etc.

Nivel de albañil.—Figura 287. Está compuesto de listones de madera con los cuales se forman los brazos y travesaños. La longitud de los brazos es variable, su grueso es de unos dos centímetros. Para rectificarle y saber que cuando se invierten los brazos atrás ó adelante, á derecha ó izquierda, queda horizontal, se cambian de posicion estos y se vé si la plomada cae en la division; de no verificarse, se van cortando los estremos de los brazos hasta que caiga en aquella.

Otro nivel de albañil.—Figura 288. Está compuesto de un bastidor rectangular, y puede emplearse para nivelar planos horizontales por su parte inferior, como techos, tableros, vigas, carreras, etc.; tambien para establecer líneas verticales, adaptándole por el costado, para lo cuál debe tenerse cuidado estén bien á escuadra los brazos.

Otro nivel.—Figura 289. Sirve tambien para nivelaciones por planos invertidos ó inferiores, adaptándole por el brazo que forma la cruz.

El nivel de pendiente.—Figura 290. Sirve para dar la inclinacion que convenga á un plano, para lo cual la línea *a b* inferior, cortada con la inclinacion que se desea, se hace coincida con esta cuando esté á plomo la línea *c d*, que debe ser perpendicular á *e f*.

El nivel de talud.—Figura 291. Se usa aplicando la línea *a b* al plano que se quiera dejar con el talud que marca esta línea, cuando el *c d* está vertical, para lo cual la línea *e f* de la plomada debe ser paralela á ella.

La *plomada* ó *perpendiculo* consta de un peso cilíndrico, en cuyo centro se ata el estremo de un cordon ó cuerda delgada, la cual puede correr por el agujero abierto en otra pieza de madera llamada *nuez* ó *brújula*. La distancia desde el agujero al borde de la nuez debe ser la del radio de la plomada para que, aplicada á la pared ó regla, la línea que marca este borde y el costado de la plomada estén en una vertical.

Además de los útiles indicados, se usan palas ó reglas marcadas y reglones, que son reglas largas y gruesas sin marcas ó con ellas, cubos, espuertas y cestos. Las *carretillas* ó carretillos son como las comunes, con dos brazos, rueda delantera y caja. Las que sirven para conducir ladrillos o tejas, son como las de empedradores, con una sola tabla por delante. Las *angarillas* constan de un tablero asegurado á dos varas que sobresalen por los costados para qne puedan llevarse por dos hombres. Se hacen con bordes, formando un cajon, para poder llevar en ellas mezcla ó materiales menudos, como arena, yeso, etc.

NOVENA SECCION.

ANDAMIOS Y CIMBRAS.

Clasificacion de andamios.

Los andamios pueden clasificarse en los que se establecen para trabajar en planos verticales como tapias, muros, etc., y los que sirven para trabajar en los techos y bóvedas. Pueden ser además fijos ó volantes, es decir, fáciles de mover de un sitio á otro.

Segun la clase de obra, así son mas ó menos complicados los andamios, por lo que á veces exige su establecimiento el auxílio de carpinteros; se describirán solamente aquellos que los albañiles mismos pueden construir, indicando ligeramente los demás.

Cuando solo se trata de reparaciones ó conclusion de obras, como revoques, etc., se emplean para las tapias los andamios compuestos de tablones *colgados*, sostenidos por cuerdas que se cuelgan de los balcones. Andamios ligeros ó colgantes ó volantes.

Para colocar los andamios de un modo conveniente se dejan en los muros agujeros, llamados mechinales, cada 4 ó 5 piés de altura; en ellos se intruducen piezas de madera de suficiente escuadria y resistencia, llamadas puentes, que se acuñan y aseguran por el lado opuesto de la pared. Los tablones descansan sobre estos de modo que sus estremos se apoyen en ellos solapándose, y se atan con cuerdas. A medida que se levanta la pared se van elevando estos andamios, quitando los inferiores; otras veces suelen colgarse los tablones de los puentes. Los puentes superiores deben arriostrarse con los inferiores.

Se hacen andamios volantes muy sencillos, que consisten en unas cuerdas de nudos aseguradas por un estremo á la altura conveniente, y en el estremo inferior llevan una tabla que sirve de asiento, asegurada con garfios á la cuerda, y con otra tabla inferior para asegurar los piés.

En algunos puntos de España dejan al construir los aleros de fachada garfios, en los cuales se aseguran poleas; en estas se cuelgan cuerdas, á cuyo estremo se atan los tablones, y pueden los albañiles mismos subirlas ó bajarlas convenientemente al mismo tiempo que ejecutan la obra.

Uno de los andamios colgantes que se emplea mucho para reparaciones de tapias, puentes, muelles y otros usos, es el representado en la figura 292; los puentes se sostienen en las ligaduras *a b* de cuerdas dobladas, atadas en *d*, y sujetas en *c* á clavos ó garfios, y cuando es en muelle de rio ó del mar á clavos gruesos asegurados en el suelo, ó á los anillos que estos suelen tener; se coloca otro sistema igual á la distancia conveniente, y se apoyan los estremos de los tablones en ellos.

Cuando las alturas son cortas, tanto para reparaciones como para levantar paredes, se emplean asnillos ó caballetes. Están compuestos de un madero ó *puente* en que se apoyan los tablones, sostenidos por dos piés asegurados por otra pieza horizontal inferior. Borriquetes y Caballetes.

Cuando la obra exige andamios mas fuertes se componen con Andamios fijos.

almas ó postes verticales, empotrados en el suelo, á los cuales se clavan egiones, que son piezas de madera en forma de cuña, en las que se apoyan y clavan por un estremo los puentes empotrados en la tapia por el otro estremo. Cuando la altura es considerable, hay que empalmar varios maderos en el alma, atándolos y clavándolos sólidamente, y fortificando por medio de cruces de San Andrés unas almas á otras. Sobre los puentes se apoyan los tablones.

Cuando no pueden apoyarse las almas en el suelo para andamios bajos, se ponen parales. Si no pueden abrirse mechinales en las paredes, se establecen postes verticales apoyados en estas, ó próximas á ellas, para apoyar los estremos de los puentes, figura 293.

De báscula. Cuando hay que dejar la parte inferior libre, no pudiéndose apoyar en el suelo las almas, se emplean andamios de *báscula*. La figura 294 representa esta clase de andamios. Se componen de viguetas ó maderos *a*, que se apoyan en los umbrales de las ventanas *b*, y por el estremo que entra en la habitacion en postecillos *c*, apoyados en el suelo; los postes sirven para sujetarlos al techo *c*, de modo que no cabeceen. Comunmente se apoyan en el suelo de los balcones postes verticales y un jabalcon, que se atan á los hierros, y en ellos se pone el puente para sostener los tablones.

Andamios para techos. Para los techos y bóvedas, cuando la altura es poco considerable, bastan caballetes ó escaleras de mano y tablones atados á los peldaños. Cuando la altura es mas considerable y hay mechinales se colocan puentes, en los cuales se apoyan los tablones. A falta de caballetes se ponen *parales*, análogos á los indicados, figura 293.

En las catedrales hay generalmente agujeros en las claves de las bóvedas, por los cuales se hace pasar una cuerda, y de ella pende un cajon, en el cual se meten los albañiles para las reparaciones de estas, haciéndoles subir ó bajar por medio de cuerdas arrolladas en los tornos colocados sobre las bóvedas.

Cuando las obras son de consideracion se emplean andamios formando combinaciones mas ó menos complicadas, cuya construccion pertenece á la carpintería, y que detalladamente se esplica en el tratado de carpintería de Emy, segundo tomo, y en el de Kraff.

Aparatos y útiles para las maniobras.

Para poder elevar los materiales á las alturas en que han de emplearse, se emplean los *tiros*, que son cuerdas ó sogas, á cuyo estremo hay dos garfios. y en ellos se enganchan dos espuertas ó cubos; para que no estén tan espuestos á desengancharse, se ponen en sen-

tido contrario; se tira desde arriba, y cuando se dejan las espuertas ó cubos llenos, se enganchan y bajan los vacios.

Cuando las alturas son algo considerables, para verificar la maniobra con mas comodidad que á brazo, se aseguran en los puentes de los andamios ó en *pescantes*, garruchas, y por su garganta se hace pasar el tiro. El pescante puede ser un madero que sobresalga del muro, ventana ó andamio, en cuyo estremo se ata la polea; tambien se forma apoyando y asegurando un estremo ó cola del madero sobre un suelo ó macizo de la fábrica que se levanta, y por el otro en la horquilla formada por dos maderos que se cruzan en aspa, y cuyas piernas deben asegurarse tambien todo lo posible.

Para mayor seguridad y facilidad, cuando se levantan paredes de mucha altura, se establecen tornos. Para esto se forma un castillo con almas arriostradas, y en su parte superior, apoyados en puentes, tablones que sostienen el bastidor y piés del torno, dejando un claro entre los tablones para que pase la cuerda; á este torno se arrolla el tiro y se maneja por aspas ó cigüeñas. Las obras de albañileria no suelen exigir máquinas de tanta fuerza como las de cantería, en que para ellos es preciso cábrias y tornos de gran resistencia.

Las cuerdas que generalmente se emplean en las construcciones para sostener pesos, para ataduras, contravientos, etc., son de cáñamo; las hay de distintos gruesos; se distinguen en blancas y embreadas.

Las cuerdas mas gruesas, conocidas en la marina con el nombre de cables y calabrotes, y en las obras por el de maromas, se componen de ramales parciales formados á su vez con hilos. La seda es la mas fuerte para cuerdas, sigue el lino, cáñamo y algodon; los dos primeros materiales son caros y el último demasiado débil; por lo que, como hemos indicado, el cáñamo es el que generalmente se emplea. En América se hacen cuerdas de fibras vejetales; los cueros sirven para correas de maquinaria.

Una de las propiedades que deben tener las cuerdas, es la de no alterarse su fuerza aunque se doblen, y bajo este punto de vista es el cáñamo escelente.

Al hilo que se forma reuniendo un número de fibras, y de los cuales reunidos en corto número forman á su vez las cuerdas, se llama filastros. Para enlazarlos mejor se *tuercen* en forma espiral; sin embargo que esta operacion hace perder fuerza á las cuerdas; se verifica asegurando un estremo y haciendo girar el otro por medio de una rueda.

Cuando se moja una cuerda, encoje, y esta circunstancia puede

utilizarse para remediar el alargamiento natural que se verifica cuando se cuelgan de ellas pesos y hacerlas mas rígidas.

La resistencia de las cuerdas crece en una relacion mayor que su peso, y el número de hilos de que se compone. El embreado las hace perder resistencia: asi es que, sin embrear, aun cuando estén espuestas á las alternativas de sequedad y humedad, duran mas que embreadas; el sumergirlas en grasa tampoco aumenta su duracion y disminuye su resistencia.

Segun ésperiencias de Norfontai, la resistencia media de las cuerdas, cáñamos franceses desde 13 á 54 milímetros de diámetro, fue de 6,52 kilógramos por milímetro cuadrado de seccion trasversal; segun Palacios, cuerdas de cáñamo de España dieron por resultados de seis esperimentos 7,90 kilógramos por milímetro cuadrado.

No debe hacerse sufran sino la mitad á lo mas de este peso. La clase de cáñamo puede influir notablemente para que sean mas ó menos resistentes, y tambien el esmero en la fabricacion el que esté bien ó mal curado y la cantidad de estopa, pues si esta es mucha hace perder resistencia. La resistencia permanente de las correas es de 0,20 kilógramos por milímetro cuadrado. Cuando están mojadas, disminuyen $^1/_3$ su resistencia.

Las cuerdas, antes de romperse, se estiran segun los citados esperimentos 0,07 á 0,27 de su longitud, circunstancia que es útil para advertir una rotura próxima. Cuando presentan colores negruzcos y manchas oscuras, es indicio de estar pasadas, y por consiguiente ser de poca resistencia. De todos modos deben probarse antes de emplearlas.

Las cuerdas que tienen un alma, y alrededor de ella torcidos los hilos, se pudren mas fácilmente dentro del agua.

Cuando trabaja mucho una cuerda al elevar pesos, se recalienta y espone á la rotura, y por esta razon se refresca con agua.

Se emplean en los caminos de hierro, minas y marina cables con el interior ó alma de cáñamo, y envuelta con alambre, lo que hace pueda disminuirse $^1/_{10}$ el diámetro.

Las sogas de esparto son mas baratas, pero menos fuertes; tienen un uso muy frecuente en las construcciones: las tomizas son sogas delgadas.

Cimbras.

Las cimbras están compuestas generalmente de cerchones ó camones que tienen la forma de la seccion de la bóveda, los cua-

les se colocan á ciertos espacios que dependen de la longitud de la bóveda y de la carga de esta sobre la cimbra; su resistencia debe calcularse en cada caso, especialmente en bóvedas de consideracion, para no esponer á que estas por falta de resistencia comprometan la construccion, ó á emplear esceso de maderas sin necesidad.

Sobre los camones se apoyan viguetas ó entablonados, ó ambas cosas, en que se apoya la construccion. Varios son los sistemas empleados en la construccion de cuchillos que sostienen los camones, las piezas que forman estos suelen estar apoyadas en ciertos puntos del terreno; cuando esto no es posible por impedirlo las aguas, disposicion del terreno ú otras causas, como sucede á veces en los puentes, se hacen recogidos, es decir, que los apoyos se vengan á recoger, ó apoyar en los estribos ó pilas de la bóveda.

No describiremos los diferentes sistemas; daremos solo alguna idea de ellos, pues su construccion pertenece á la carpintería.

En las bóvedas pequeñas se emplean trozos de cimbras llamados *galápagos*, que se corren á medida que avanza la obra.

Los cuchillos en estos casos suelen formarse de tablas; se componen del cerchon cortado segun el contorno del intrados. tirantes y tornapuntas. Cuando las luces son mayores, se combinan los jabalcones, pendolones, zapatas, etc.

En bóvedas muy bajas ó pequeñas, cuando se construyen en seco, como sucede con las tajeas, la cimbra puede ser de tierra apisonada, á la cual se da la forma de la bóveda. En los arcos de puertas y ventanas se coloca un madero ajustado á los costados de la pared que forman los estribos y un poste central, y con dos cerchas y tablas sostenidas por ladrillos se forma la cimbra.

Tambien se han indicado anteriormente las cimbras tabicadas de ladrillo.

Se encontrarán todos los detalles y ejemplos necesarios en el *Tratado de carpintería* de Emy, y los cálculos de sus resistencias en la *Mecánica aplicada á las construcciones de Navier*, y en la de don Celestino de Piélago.

PRIMER APÉNDICE.

Presupuestos.—Datos de mano de obra y material.

Es interesante conocer el tiempo que se emplea en hacer la unidad de las diferentes obras y la cantidad de material que entra en ella; por lo que damos á continuacion los datos que hemos podido reunir. Tambien se incluyen precios de mano de obra, materiales y efectos, sin embargo de que estos son muy variables.

El arquitecto D. Félix María Gomez se ha ocupado de un trabajo muy útil, relativo al cálculo del coste de las obras en Madrid, que se ha publicado en la *Revista de Obras Públicas*. En el número 17 de 1854, se insertaron las tablas del coste de entramados descompuestos en sus elementos; en el número 2 de 1855, la continuacion de estas para el cálculo de entramados verticales; en el número 6, fórmulas prácticas para determinar el espesor de los entramados verticales; en el 17, fórmulas de aproximacion para los antepresupuestos de edificios particulares de Madrid, calculados segun el número de pisos, y en el número 7 de 1858, las fórmulas para determinar el coste de la mano de obra de diferentes clases de albañilería.

La obra de mano de macizos se paga por unidades cúbicas; los tabiques de menos de un pié de grueso por medidas superficiales, y lo mismo sucede con los empedrados, guarnecidos, enlucidos ó revoque.

En estas obras está muy generalizado el medir por tapias que son superficies de 7 por 7 piés ó 49 cuadrados, aunque se cuentan 50 (3,88 metros cuadrados). Tambien se miden superficialmente los tejados y solados. Las molduras por línea, á veces tambien por superficie ó por cubo; este caso tiene lugar principalmente cuando son de ladrillo ó piedra.

DATOS DE MANO DE OBRA Y CANTIDADES DE MATERIAL.

Cales.—Morteros.—Hormigones.

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
Metro cúbico.—Tablas de Genieys.—Apagado de cal grasa (0,^{mc} 45 cal viva) un peon...	7,14 á 8	
Id. Cal grasa: trasporte de agua por separado.	3,07	
Id. Cal hidráulica (0,62 *m c* cal viva) peon...	10	
Mortero de cal grasa....................	10 á 14.54	
Id. De cal hidráulica....................	15	
Cualquiera que sea la cal segun otros esperimentos incluidos en las mismas tablas..	12 á 20	
Id. Confeccion de hormigon, incluso estincion de la cal; manipulacion del mortero; partido de la piedra y mezcla...........	15,83	
Anselin trae esperimentos en varios casos particulares de la confeccion de morteros y estincion de la cal.		
Para las proporciones y tiempo empleado, véase páginas 76, 79, 81, 82 y 99 del testo.		
Segun Blottas: apagado de cal grasa........	6	
Id. Eminentemente hidráulica apagada por aspersion; dos operarios..............	4,4	
Hormigon, albañil......................	5	0,70 mortero.
Id. Dos peones........................	10	0,70 piedra.

Obras de ladrillo.

Metro cuadrado.—Segun Claudel y Larroque: en tabiques de panderete tarda un oficial y ayudante.........................	0,8	0,016
Id. Citara de soga 0,^{m} 107 de grueso (75 ladrillos)...........................	1,8	0,030
Id., id., de asta (0,^{m} 22)...............	3,8	0,050
Metro cúbico.—De pared desde 0,^{m} 22 de grueso en adelante, comprendiendo colocacion de materiales hasta 8 metros de al-		

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
tura, oficial y ayudante (entraban 635 ladrillos)	15	0,20
Id. En bóvedas, (640 ladrillos)	16	0,22
En otros datos de los mismos se asigna para muros y bóvedas que escedan de 0,m 22 de grueso; tiempo empleado por un oficial	20	
Id. Ayudante	8	0,030
Id. Peon	12	
Metro cuadrado.—Tabiques de menor grueso.	25	
Ayudante	9	0,032
Peon	13	
Metro cúbico.—Id. Chimeneas aisladas de fábricas, un oficial	7	
Id. Un peon	4	
Tablas de Genieys (1) en paredes	5	
Id. Cuando exigen andamios	7	
Id. Fábrica esmerada con mortero hidráulico en diques	6,66	
Segun Blottas, paredes hasta 3 metros de altura	10	0,10
Id. Bóvedas de puente, id	14	
Segun nuestras observaciones con ladrillos de 12, 6, 2 pulgadas con tendel de unos 5 milímetros al destajo servido todo el material (382 ladrillos)	3,83	
Millar.-Batido y repaso se asigna generalmente.	12,8	
En el moldeado	10	
A veces mas; pero solo puede tomarse este número cuando se hace en era y con poco esmero.		
Tablas de Genieys: fabricacion de ladrillos de 0,m 22, 0,m 11 0,055 estraccion de la tierra 1,m 77 un obrero	4	
Un peon amasador	3,75	
Moldeado; un taller compuesto de un maestro, un ayudante y otros seis operarios para ayudar, conducir y colocar	1,25	
Batir y enrejalar; dos operarios	1,25	
Colocacion en el horno; dos operarios, cuatro		

(1) En las tablas de Genieys son los esperimentos de varios autores que se citan en ellas.

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
porteadores, un fogonero, uno para traer combustible	0,63	
Ademas el tiempo ocupado durante la coccion.		

Mamposterías de piedra con mezcla y en seco y tapial.—Enchapados.

Metro cúbico.—Segun Claudel y Larroque: en enchapados y relleno de riñones de bóvedas con mezcla, un mampostero	3	
En cimentos de mas de 0,m 50 de grueso	4	
De menos de 0,m 50	5	
Bóvedas de medio punto y muros de mas de 0,m 40, arreglados ambos paramentos	5	
De menor espesor	6	
Paramentos de bóvedas por arista ó en rincon	11	
Muros de 0,m 40 al menos de grueso hasta 3 metros de altura, cuyos paramentos se habian de revocar	6	
De 3 á 8 metros de altura	8,5	
De planta circular verticales hasta 3 metros de altura	9	
Id. de 3 á 8 metros	12	
En estos tres últimos se aumenta 1/5 el tiempo si son de menos de 0,m 40 de grueso.		
Mampostería concertada hecha con esmero, servidos los mampuestos ya arreglados	11	
Mampostería de sillarejos en seco	4	
Tapial, dos obreros	1,40	
Hasta unos 10 metros de distancia los materiales, basta un peon.		
Segun Anselin, mampostería en cimiento	2,41	
En las lecciones del Sr. Calvo se asigna para mampostería en cimientos	2,50	
Idem mampostería al descubierto, escediendo el grueso de 0,m 63 (2,5 piés), inclusas las hiladas de verdugos (500 piés cúbicos en 10 horas)	9,60	

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
Se asigna generalmente cuando la mampostería es menuda......................		0,49
Idem cuando es de mediano tamaño........		0,35
Segun Blottas, mampostería ordinaria en macizos...............................	5	
Idem hasta 3 metros á un paramento.......	5,20	
Idem á dos paramentos..................	5,40	
Idem en estribos y riñones de bóvedas......	5,45	
Idem en bóvedas.......................	9	
Metro cuadrado.—Tablas de Genieys. Chapa de 0,08 de espesor, con mortero de cal hidráulica y arena, incluso alisado, un operario...............................	2,7	
Para apagar la cal, hacer el mortero y darle.	4	
Metro cúbico.—Manual de puentes de Gayfier, mampostería en seco..............	7,50	
Blottas.—Hormigon en chapa de bóveda, un albañil y peon........................	7	

Tabiques, cielos rasos, solados y tejados.

Metro cuadrado.—Segun Claudel y Larroque, en entramado de 0,48 de grueso, un oficial y peon..........................	0,8	0,10
Idem de 0,08 á 0,11....................	0,5	0,04
Cielo raso sobre entrevigado macizo........	2	
Idem de tabla..........................	1,9	
La colocacion de tabla en los entrevigados...	0,17	
Tortada de yeso de solado, de 0,04 de grueso.	0,25	
Solado comun, un solador y ayudante.......	0,62 á 0,75	
Idem en piezas muy grandes..............	0,50	
Segun Anselin, tejado de tejas cuadradas, sentadas con mortero sobre latas.........	1,64	
Idem incluyendo clavado de latas, tejado y servicio	2,87	
Idem empizarrado, incluso servicio........	1,85 á 1,94	
Idem en mala estacion..................	3,30	

Guarnecidos, enlucidos, asiento de marcos.

Metro cuadrado.—Segun Claudel y Larroque,

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
en guarnecido de yeso en pared vertical, un oficial y un peon..................	0,34	0,014
Idem id. en techos (espesor 0,m 014)......	0,44	0,025
Idem enlucido de yeso en pared vertical (espesor 7 á 10 milímetros)...............	0,20	0,008
Idem en techos........................	0,30	0,014
Preparacion de paramentos de mampostería ordinaria, nueva, un peon..............	1	
Idem de mampostería vieja ó nueva, forjada con yeso, id.........................	1,8	
Enlucido ó revoque á llana con mortero de cal hidráulica, de 0,m 0,3 de espesor, en paramentos verticales, un oficial y un ayudante............................	1,3	
Idem con mortero de cemento, oficial......	1,8	
Idem id. un ayudante....................	0,9	
Idem id. un peon de mano para amasar y servir............................	1,2	
Enlucidos hidráulicos, con esmero, pasando el corte dentado de la llana, oficial.......	3	
Idem ayudante.........................	0,8	
Se aumenta 1/8 el tiempo por cada centímetro mas de espesor; 1/5 próximamente cuando se aplican al intrados de las bóvedas, y puede disminuirse 1/4 cuando se aplican sobre planos horizontales ó chapeados del trasdos de bóveda. El yeso cernido para forjar y guarnecer exije unos 18 litros de agua por 25 de yeso. Un metro cúbico de yeso produce 1,m 18 en el primer momento de la solidificacion; á las 24 horas de empleado es el aumento uno por ciento. En el historiado de paredes de mampostería ordinaria, etc., formándole al tiempo de levantarlas, exige de un oficial y ayudante......................	1,3	0,010
Idem id. despues de levantadas...........	1,1	0,023
Idem id. poniendo las chinas cristales, etc., sobre baño general de mortero..........	3	0,040

Esta clase de trabajo será muy variable, segun el número de juntas que haya que historiar ó complicacion de dibujos.

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
Asiento de cercos de 1,m 80 por 1,m 50 de longitud y grueso, total de 052, un albañil y peon	4,40	0.075
Los volúmenes de yeso, se entiende, medido en polvo.		
Para sentar una chimenea francesa, hacer los tabiquillos, etc., un oficial y peon	14 á 18	

Molduras.

Metro cuadrado.—Segun Claudel y Larroque, un oficial y un peon, cornisa de entablamento, compuesta de 10 molduras, cuyo desarrollo de perfil es de 0,m 75. Para hacer las maestras, colocar las reglas y preparar la terraja	0,8	
Idem para correr la terraja y quitar las reglas. Estaba el vuelo formado de sillarejo.	1,7	0,75
Idem id. cornisa de techo, compuesta de 9 molduras, 0,m 48, desarrollo del perfil, maestras, etc.	1,2	0,12
Correr la terraja, etc.	2,4	
Idem jamba, compuesta de 5 molduras, desarrollo del perfil 0,m 39, maestras, etc...	1,5	0,10
Idem correr terraja, etc.	2,7	
Idem cornisa circular de archivolta, como la anterior, maestras, etc.	2,2	0,155
Idem correr terraja, etc.	2,9	
Además hay que incluir el tiempo necesario para concluir á mano los ángulos. En los entrantes en la primera cornisa anterior, un oficial y peon tarda	14,4	0,154

En un ángulo saliente la tercera parte de uno entrante.

La ejecucion de molduras á mano viene á necesitar doble tiempo que á terraja.

Retundidos de juntas.

Metro lineal.—Segun Claudel y Larroque, con mortero de cal ó de cemento, sobre sillería nueva, oficial y ayudante	0,2	

	Horas.	Mortero ó yeso. — Metros cúbicos.
Idem antigua, teniendo hasta 0,m 04 de ancho la junta	0,3	
Idem id. de 0,04 á 0,08	0,7	
Metro cuadrado.—En mampostería de sillarejo recortada á hierro	1,5	
Idem id. con las juntas de media caña, rehundida ó abultada	0,9	
Idem id. paramento de ladrillos esmerado	1,8	
Idem segun Blottas	0,75	
Idem en bóveda	1	
Idem en sillarejos, término medio	0,45	
Idem en bóvedas	0,50	
Manual de puentes de Gaufier, sillería ó mampostería concertada, albañil	3	

PRECIOS DE MATERIALES.—MANO DE OBRA.—HERRAMIENTAS, ÚTILES Y APARATOS.

Cales y cementos.—Yeso.

	Reales.
Cal comun en Madrid, la fanega	12
Idem de Valdemorillo, id	12
Cemento de id., quintal	38
Id. de Guipúzcoa, id	42 á 50
El cemento anterior en la fábrica, fanega	8
Id. puesto en el puerto, id	9
En las obras del canal de conduccion de aguas á Madrid, el quintal métrico de este cemento (8,69 arrobas), costaba	74 á 78
En las mismas, quintal métrico de puzolana artificial	9 á 10
Cemento de Novelda, quintal de 4 arrobas, puesto en Madrid	28
El de Palencia en la fábrica, metro cúbico	100
El de Gerona en id., quintal de 4 arrobas	10
El de Angieno, en Logroño, id	10
Yeso ordinario ó de criba, en Madrid, cahíz, (60 arrobas)	36
Id. fino, costal, (4 arrobas, 8 libras)	9

Ladrillo.—Baldosa.—Teja.

Ladrillo fino, el ciento, en los almacenes de Madrid	28

	Reales.
Id. tosco	18
Portero	10
Baldosa fina	34
Teja id	36
En la ribera del Tajo ha solido venderse en el tejar, ciento.	15
Id. á la Italiana, id	18
Id. jabonero, id	20
El cortado de fino á doble precio.	
En las obras del canal se pagó el ciento, al pié de Corteja-res, de	10 / 13
De ajustes hechos, un tejero de la provincia de Madrid, dándole los hornos y combustible, estando próximo el barro, daba el ciento á	4
Siendo tejas ó baldosas, id	8
El combustible venia á costar, por ciento	4

ASFALTOS.

PRECIOS EN MADRID DE LAS OBRAS, CON ASFALTO DE TORRELAPAJA.

En capas horizontales para aceras, etc., de 7 líneas de espesor, el metro superficial, á	25,5
Id. de 9 líneas	28,6
Id. de 10 líneas	31,4
Id. de 12 líneas	34,3
Hormigon en afirmados, de 2 5 pulgadas	5,5
Id. de 4 pulgadas	8,5

En la fábrica de asfaltos próxima á Vitoria se elabora asfalto laminado, en hojas que se vendian á los precios siguientes:

Hoja doble, con tela intermedia hasta 5 milímetros de espesor, para cubiertas, canales, estanques, etc	15
La misma para revestimientos contra la humedad	18
Hoja sencilla con tela, hasta 3 milímetros de grueso, para idem	10

Por cada metro menos de 30 de superficie aumenta 0,2. Cuando las superficies tengan formas especiales ó fajas de menos de 0,m 08 serán los precios convencionales, y lo mismo en las obras de asfalto fundido, como aceras, azoteas, etc.

Reales.

DERECHOS QUE PAGAN EN MADRID LOS MATERIALES.

En Madrid se pagan derechos de puertas por los materiales de construccion que se introducen, concedidos por Real decreto de 12 de Marzo de 1853, que son los siguientes:

Cal, el carro	5	»
Yeso blanco, costal que no pase de 4 arrobas	»	25
Id. negro, cahíz	1	50
Ladrillo de todas clases, el ciento	»	62
Baldosa fina de Toledo y de la ribera, ciento	1	41
Id. ordinaria	»	72
Id. de alabastro, la docena	1	50
Azulejos, el ciento	2	»
Tejas, id	1	»
Piedra de Colmenar, el carro	7	50
Id. berroqueña, id	5	»
Id. jaspe y mármol	13	»
Id. de tahona, una	14	»
Id. de amolar, de marca, de una vara de diámetro	5	50
Id. de menos de la marca	1	»
Id. pedernal de todas clases, carro	1	50
Madera de caoba, nogal, aliso y álamo, carro	14	»
Maderos de peral, piño y demás, id	12	»
Tablones y tablas de pino, id	24	»
Palos en tosco de todas clases para sillas y cedazos, id	27	»

Jornales.—Mano de obra.

Oficial albañil	16
Ayudante	12 á 13
Peon de mano que hace y sirve las argamasas	7 á 8
Id ordinario	6
Metro cúbico, fábrica de ladrillo, mano de obra, incluyendo confeccion de mezclas, dando los materiales al pié de obra	28
Id. fino gramitado, id	92
Id. id. mampostería ordinaria con mezcla, id	18
Tapia, (3,88) metros cuadrados de tabique de panderete guarnecido á dos haces	14
Tapia de id. de medio pié á dos haces	22
Tapia de id. de á pié á dos haces	34
Tapia de guarnecido de yeso	5
Tapia de enfoscado con mezcla	3 á 4

	Reales.
Tapia, blanqueo	2,5
Tapia de revoque al fresco, imitando ladrillo	14
Id. color de ocre en otro	12
Id. retundido de pared de ladrillo	24
Id. de mampostería chinada	18
Metro cuadrado.—Solado tosco, ó cortado, ó raspado	1,15; 2; 2,64
Id. de tejado á torta y lomo	4,50

En el canal de conduccion de aguas á Madrid se ha pagado:

Mano de obra del metro cúbico de mampostería de piedra en seco para pedraplenes de	7 á 9
Id id. con morteros para muros y cajeros	10 á 15
Id. id. para bóveda del canal	15 á 18
Confeccion y empleo del metro cúbico de hormigon	12 á 17
Mano de obra del metro cúbico de fábrica y rosca de ladrillo	20 á 28
Metro lineal corriente de mina	170 á 340

HERRAMIENTAS Y UTILES.

En el canal de conduccion de aguas se ha pagado:

Ferrerias de Vizcaya y fraguas de Torrelaguna y otros pueblos inmediatos al canal. Coste al pié del parque de las obras:

Palas inglesas, pieza de	20 á 25
Azadones, id	19 á 20
Batideras, id	12 á 19
Zapapicos, quintal métrico	435 á 545
Picos de cantera, id. id	435 á 545
Almadenas, id id. á	631,75
Carretilla á la inglesa, una	90 á 100
Galápagos para la bóveda del canal, id	160 á 168
Cubos, id	9,50 á 10,50
Cubas ó pipas, id	50 á 60
Astiles sin labrar, docena	8 á 12
Maromas y cuerdas de cáñamo, quintal métrico	191,18 á 217,25
Maromas, briagas de 33,44 metros (40 varas)	á 14
Id. id. 25,08 metros (30 varas)	9
Tiros de 33,44 metros (40 varas)	7
Id. de 25,08 metros (30 varas)	3,50 á 3,75
Sobrecargas murcianas, docena	á 10
Lias, id	3,50
Bombas de hierro de doble efecto, una	1500

	Reales.
Id. de id. de simple efecto, id.	1100
Id. de madera, id.	750
Wagones para caminos de hierro de servicio	1100

Aparatos ó máquinas.

El aparato para la fabricacion de ladrillos, baldosas, etc., de Whitehead tiene en Inglaterra el siguiente precio:

Máquina de simple efecto, para tubos de 12 centímetros á 23 de diámetro, sin cubas ni moldes	1480
Id. de la que se hizo la descripcion en la seccion correspondiente, del mismo fabricante, y que fué espuesta en la esposicion de Paris de 1855	2100
Id. igual tamaño que la espuesta, doble, ó con dos cajas, cuyo trabajo con dos hombres y dos niños dá 724 tubos de 6 centímetros de diámetro	2800
Moldes cilíndricos para tubos de 4 á 16 centímetros de diámetro, cada uno	92
Id. de 16 á 38 centímetros	172
Boca ó molde espansivo para aumentar las dimensiones de las hileras	88 á 112
Plataformas para tubos de gran diámetro	150
Cribas	116 á 128
Porta-tubos	18 á 30
Aparato para agregar á la máquina y aplicar la fuerza de los animales, del viento ó del vapor	540
Amasador, tamaño menor	1000
Id. mayor	1400
Máquina para formar los enchufes de los tubos de conduccion	740

La máquina inglesa de Porter y de Carlisle, de doble efecto, para amasar y moldear, cuesta en la fábrica:

Máquina de ladrillo, gran modelo, con amasador, engranaje y molde	16000
Id. id. mediano modelo	15500
Id. id. pequeño modelo	14500
Id. aparato de Ainslie, gran modelo, con molde, sin amasador ni engranaje	12500
Id. para tubos, con el ensanche de los enchufes y diámetro de 203 milímetros, con un molde	12500
Id. id. con moldes desde 152 á 381 milímetros	21500
Amasador vertical, con engranaje para alimentar dos máquinas de Ainslie	5200
Id. horizontal	2500 á 3500

	Reales.
Los aparatos del fabricante Framis Bouillier Dechelles, para tubos y tejas, peso de 300 kilógramos................	2600
El amasador de este mismo fabricante, para moverse por un caballo, cuya altura es de un metro, 10 centímetros y 0, metro 63 de diámetro inferior, que puede amasar de 13 á 14 metros cúbicos de arcilla, con peso de 600 kilógramos de hierro fundido....	2000
La máquina de Darmetadt.......	3260
La máquina de Clayton, de caja, con tonel y amasador, al pié de fábrica, en Inglaterra........................	11000
La misma, solo para tejas..........................	7000
Tonel de moldear..................................	15000
Aparatos completos con rodaje y maquinaria para ser movidos por el vapor ó el agua.........................	20000

SEGUNDO APÉNDICE.

SIGNIFICADOS.

QUIMICA Y FISICA.

Acidos.—Cuerpos compuestos, sabor ágrio, astringente; proviene de la union de ciertos cuerpos con el hidrógeno ú oxígeno, ó de otras sustancias entre sí.

Alcalís.—Sustancias acres; con los ácidos, forman sales; los hay minerales y vejetales.

Alcool.—Líquido volátil inflamable, obtenido por la destilacion del vino y otras sustancias.

Alumina.—Oxido de aluminio (metal).

Apira.—Refractario.

Barita.—Protóxido de barium (metal); es una tierra alcalina.

Capsula.—Vasija cóncava de porcelana.

Carbonato.—Sal formada por el ácido carbóuico y una base.

Carbono.—Principio combustible simple.

Cohesion.—Coherencia, trabazon entre las moléculas de los cuerpos.

Colcotar.—Oxido de hierro calcinado.

Concentrar.—Hacer mas densa una sustancia.

Debilitar.—Dilatar, mezcla con agua para que resulte menos fuerte un ácido, etc.

Decantar.—Verter un líquido inclinando la vasija en que está, de modo que no arrastre el poso.

Decrepitar.—Detonar levemente, como ciertas sales que, echadas al fuego, producen chisporroteo.

Densidad.—Peso específico, masa de la unidad de volúmen; se compara con la del agua destilada, y esto espresan las cantidades que se indican considerando aquella como la unidad; el peso del metro cúbico tomado en su máximo de densidad es de 1000 kilómetros.

Destilar.—Estraer un líquido por evaporacion.

Deutóxido.—Segundo grado de oxidacion.

Dosar.—Mezclar en ciertas proporciones.

Filtrar.—Hacer pasar un líquido á traves de un cuerpo poroso.

Hidrato.—Cuerpo compuesto de agua y un óxido metálico.

Hidrógeno.—Cuerpo simple, gaseoso y combustible, mas ligero que el aire.

Hidro-sulfato.—Combinacion del ácido hidro-sulfúrico con una base.

Hidróxido.—Combinacion del agua con un óxido.

Magnesia.—Oxido de magnesium (metal), polvo blanco, insípido, inodoro.

Manganeso.—Cuerpo simple metálico, ceniciento, quebradizo.

Masa.—Reunion de moléculas ponderables.

Nitrato.—Sal formada por el ácido nítrico y una base.

Oxalato.—Acido orgánico de los mas fuertes; existe en los tres reinos de la naturaleza.

Oxidar.—Convertir en óxido.

Oxidos.—Combinacion del oxígeno con otro cuerpo simple.

Oxígeno.—Cuerpo simple gaseoso que existe en el agua, en el aire, indispensable para la respiracion.

Peróxido.—Oxido que contiene la mayor cantidad posible de oxígeno.

Potasa.—Oxido de potasium (sustancia metálica), muy cáustica; existe en las cenizas de las plantas.

Precipitar.—Separar un cuerpo disuelto del líquido en que lo está.

Protóxido.—Primer grado de oxidacion.

Refractario.—Que resiste á temperaturas muy altas.

Silicato.—Combinacion de sílice y algun alcali.

Sílice.—Oxido de silicium (metal), cuarzo puro.

Sosa.—Oxígeno y sodium (metal) alcali mineral; se estrae por la combustion de plantas marinas ó descomposicion del sulfato de sosa.

Sulfatos.—Sales formados por el ácido sulfúrico y una base.

Sucinato.—Ambar amarillo electrum.

Sulfuros.—Compuestos en que entra el azufre.

Voces usadas en la práctica de albañilería.

Aboquillar.—Quitar un ángulo de esquina ó de rincon.

Abultar.—Dar forma á una faja, moldura, etc.

Acera.—Lo mismo que paramento.

Acerar.—Revestir con losas, mármoles, etc., los paramentos, enlucir con mortero una tapia de tierra.

Acicalar.—Concluir la cara de un paramento.

Acítara.—Cítara, citaron, pared, cuyo grueso es de medio á un pié; zócalo sobre el cual se levanta un entramado.

Adarajas.—Agrajas; endejas; dientes ó dentellones, resaltos que se dejan en una pared para trabar ó enlazar con otra ó continuarla.

Adobe.—Ladrillo sin cocer.

Agramilar.—Gramilar; cortar, perfilar ó raspar el ladrillo por una ó mas caras.

Aguada.—Tinta de color que se da para apagar el blanco demasiado fuerte de un enlucido.

Aguja.—Pieza de madera ó hierro para sujetar los tapiales.

Alaveado.—Gaucho; combado, superficie que no tiene sus cuatro ángulos en un plano.

ALBARDILLA.—Barda, tejadillo ó cubierta de una pared ó tapia.

ALERO.—Tejaroz, parte de la cubierta ó tejado que sobresale de la fachada; de mesilla es el que forma cornisa.

ALDAVIAS.—Piezas de madera que se colocan en la parte superior é inferior de los tabiques colgados, á los que se ensamblan los piés derechos de dichos tabiques.

ALFEIZAR.—Rebajo ó entrada en donde encajan las puertas ó ventanas.

ALGIBE.—Cisterna, depósito de agua.

ALMA.—Madero vertical de los andamios, escaleras, etc., de bóveda, hueco que comprende.

ALMOADILLADO.—Disposicion que se dá á una fábrica en las fachadas, dividiéndola en trozos por medio de canales horizontales y verticales ú horizontales ó corridas solamente.

ALZAR.—Dar el peon al oficial la pellada.

APAREJO.—Distribucion ó disposicion de la sillería ó ladrillo en la obra.

APEAR.—Sostener.

APILAR.—Formar pilas.

ARBOTANTE.—Arco que sostiene esteriormente otro arco ó bóveda.

ARCHIVOLTA.—Arco con moldura.

ARGAMASA.—Hormigon, y tambien se da este nombre á los morteros y yeso amasado.

ARGATIFA.—Mezcla fina de cal y de arena.

ARRANQUE.—Nacimiento de arco ó bóveda; superficie desde la cual empieza á voltearse.

ASENTAR.—Colocar el material en la obra.

ASIENTO.—Efecto que produce una fábrica, bajando, por secarse los morteros, etc.

ASTIAL.—Témpano, trozo triangular de pared que resulta desde el alero hasta el encuentro con la armadura en los tejados á dos aguas.

ATIZONAR.—Llenar con piedra los agujeros ó huecos de una pared descarnada.

AVEJIGARSE.—Formarse ampollas ó vejigas en un enlucido.

AZOGAR.—Apagar la cal de modo que se deshaga sin formar lechada.

AZULEJO.—Baldosa pintada y vidriada.

BALDOSA.—Ladrillo mazarí; ladrillo delgado, generalmente cuadrado ó poligonal.

BAJADA.—Conducto por donde bajan las aguas sucias ó llovedizas.

BATIDO DE ARCILLA.—Capa de arcilla que se interpone entre el terreno y otro cuerpo para evitar las filtraciones.

BATIENTE.—Parte inferior del vano de una puerta; travesaño inferior de la hoja de puerta, balcon ó ventana.

BATIR.—Remover la mezcla.

BIZCOCHO.—Yeson de los derribos que se vuelve á cocer para usarle como yeso.

BOCA DE CHIMENEA.—Vano formado por los dos lienzos; la mesilla y el hogar.

Botarel.—Cuerpo de fabrica levantado á alguna distancia de una bóveda cuyo empuje contrarresta, mediante un arco llamado botarete, tirado desde él á la bóveda.

Botes.—Agujeros rellenos con ripio y mortero que se hacen en las tapias de tierra para que agarre el revoque.

Brochal.—Madero corto, apoyado sobre los de suelo, para aislar las chimeneas; madero arrimado á un muro, apeado por canecillos, para recibir los maderos de suelo.

Briaga.—Maroma gruesa de esparto.

Bovedilla.—Hueco volteado entre dos maderos de suelo.

Caballete.—Parte mas alta de la cubierta de un edificio; pié para andamios que se compone de un madero horizontal con cuatro tornapuntas arriostradas.

Cabecero.—Madero superior de marco de puerta ó ventana.

Cabeza.—De pared; la parte vista de su grueso.

Cabio.—Madero de suelo mas grueso que los demás del entramado, que cierra de cada lado la caja de una chimenea; sobre estos se levantan los lienzos y en ellos se ensambla el brochal.

Cadena.—Machon de silleria; marco de madera sobre el cual se funda el revestido de un pozo, al que se llama tambien marrano; pieza de madera ó hierro que guarnece un fogon.

Cala, cata, calicata.—Rompimiento que se hace en una fábrica para examinar su construccion, ó en un terreno su calidad.

Cañizo.—Tejido de cañas para cielos-rasos.

Caja.—Roza que se practica en una fábrica; hueco que se deja entre maderos de suelo y el muro para una chimenea; caja de escalera, etc.

Cajon.—Construccion de tapias de tierra ó de hormigon hecha entre un encajonado de tablas; el formado por una fábrica construida entre cadenas de otro material.

Caldera.—Hogar; en las norias ó pozo la cavidad del fondo.

Caliches.—Piedrecillas que se encuentran en las arcillas ó en los ladrillos cocidos.

Calzar.—Poner pequeñas cuñas para asentar los sillares; ó cascote para sentar las tejas, mampuestos, etc.

Campana de chimenea.—Parte piramidal que cubre el hogar para recibir el humo.

Canal maestra.—La que corre á lo largo del alero ó cornisa de un edificio.

Cañon.—Se dá este nombre á las bóvedas cilindricas; cañon pasante, al de chimenea que pasa por algun piso mas alto que el en que está aquella.

Cascote.—Trozos de material que resultan de los derribos ó caida de edificios ó de romper ladrillo, teja, etc.

Cercha.—Patron de contorno curvo que se emplea puesto de canto para labrar una superficie cóncava ó convexa; se distingue de la plantilla en que esta se aplica de plano.

Cerchon.—Camon; pieza de madera de la forma que ha de tener un arco ó

bóveda; sobre dos ó mas se apoyan los maderos ó tablas que forman la superficie sobre la cual se voltea.

Cerco.—Marco.—Telar de madera de puerta ó ventana.

Cielo-raso.—Techo liso sin bovedillas; cielo volteado, cielo-raso cóncavo.

Cimbra.—Armazon de madera para voltear sobre él los arcos y bóvedas; arqueo que puede tomar una tabla ó cosa flexible; arcos de intrados y trasdos de una bóveda.

Cinta.—Linea de baldosas que forma el contorno de una pieza enbaldosada.

Cintrel.—Cuerda ó regla que se coloca en el centro de un arco por un punto de su longitud, y con ella se van marcando y dirigiendo las hiladas.

Clavacorte.—Rebajo en la cara de las dos entradas de un umbral.

Clave.—Cerramiento de una bóveda.

Clavos ó clavazon.—De á cuarto, su longitud 3 $^6/_8$ puigadas, peso 22 libras millar; de á dos cuartos, longitud 3 $^3/_4$, peso 60 libras; de 6 cuartos, longitud 4 $^3/_6$ pulgadas, 36 libras; de á ochavo 3 $^1/_3$ pulgadas, 13 libras; de chilla, 2 $^1/_2$ pulgadas, 7 $^1/_2$ libras; de media chilla, 2 pulgadas, 3 libras; de 3 cuartas, 27 pulgadas; de media vara, 18 pulgadas; de tercia, 12 pulgadas; de cuarta, 9 pulgadas; vellotes ó gemal, 8 pulgadas; vellotillos, 6 $^3/_8$ pulgadas; de ala de mosca, tienen la cabeza de esta figura; tachuelas, cortas, cabeza ancha; puntas de París, delgadas y cortas.

Cobijas.—Las tejas que se colocan con el lomo ó convexidad hácia arriba.

Codal.—Madero que se atraviesa y ajusta entre dos paredes de fábrica ó de una zanja, etc., para sostenerlas.

Codillo.—Recodo, ángulo entrante que forman dos paredes.

Cogote.—Trozos de madera que sobresalen en una pared.

Coger las juntas.—Tomar las juntas; taparlas y llenarlas con mortero, cemento, etc.

Cola.—Lo que se dá de entrega ó entrada á una piedra en un muro.

Contrafuerte.—Cuerpo de fábrica unido a un muro ó bóveda para fortificar.

Copetes de armadura.—Los tendidos triangulares en los tejados á 4 aguas.

Costales.—Piezas verticales que sirven para formar el encajonado de los tapiales.

Costilla de vaca.—Abrazadera de hierro que se echa á trechos en los cañones de chimeneas de tabique para asegurarlas.

Cotillo.—Boca de un martillo ó herramienta que sirve para golpear.

Cumplimiento.—Lo mismo que cimento, porque con él se macizan y cumplen las zanjas.

Cuñas.—Estacas que se clavan para plantear cimientos con las cabezas señaladas con una raja.

Chinar.—Embutir chinas, cristales, etc. en los revoques de mampostería.

Degollar.—Estraer el mortero comun de las juntas para retundirlas.

Derrame.—Derramo.—La mayor anchura que se deja en el vacio de una puerta ó ventana para que haya mas luz en el interior de la habitacion.

Dintel.—Piedra que cierra por arriba el telar de una puerta ó ventana.

Dobles.—Doblados; bóvedas tabicadas, formadas de dos capas de ladrillos. —Doble.—La segunda carrera de tejas de un alero corrido, formado de tejas cuadradas.

Dovela.—Trozo de piedra, arcilla cocida, etc., en forma de cuña para formar los arcos y bóvedas. Clave es la del centro de un arco.

Embrochalado.—Maderámen compuesto de dos cabios y un brochal, que forman el hueco para la chimenea en el piso de una habitacion.

Embrochalar.—Sostener con un *brochal* atravesado, de madera ó de hierro, las vigas que no pueden cargar en la pared.

Empalomado.—Murallon de piedra en seco, construido en un rio para que filtre el agua á las acequias.

Empalme.—Empalmadura.—Ensamblar los maderos por sus estremos; reunir y sujetar dos cabos de soga ó cuerda.

Empelechador.—El que hace embutidos de mármol para pavimentos, frisos, etc.

Encalar.—Enlucir con cal.

Enfoscar.—Enforcar, tapar los mechinales y agujeros en una pared.

Engauchar.—Apartar de la plomada un cañon de chimenea, de bajada, etc., para que siga una direccion inclinada.

Enjarges.—Entradas que se dejan en los machos de fábrica para que unan bien con ellos los tapiales.

Enladrillar.—Cubrir con ladrillos.

Enlucir.—Revestir un paramento con yeso, cal, etc.; revoque es el enlucido en los paramentos esteriores de un edificio.

Enrejar.—Enrejalar.—Colocar los ladrillos en rejal.

Enrasar.—Rasar.—Igualar la parte superior de una pared ó fábrica con otra, un tendel, etc.

Entomizar.—Enroscar una tomiza en un madero ó tabla ú otro objeto.

Entramado de madera.—Maderámen compuesto de piés derechos, almas, virolillos, etc. Los huecos entre estas piezas se rellenan con ladrillo, cascote, etc.

Entrepaño.—Trozo de pared comprendida entre dos pilastras ó columnas empotradas.

Enyesar.—Enlucir con yeso.

Escafilar.—Cortar los lados y esquinas de los ladrillos ó baldosas para que junten bien.

Escarpe.—Escarpa.—Talud.—Inclinacion del paramento de una pared que hace disminuya su grueso hácia la parte superior.

Espinazo.—Carrera mas alta de dovelas que forma la clave.

Estribo.—Fábrica que sostiene una bóveda.—Machon que sostiene un arco.

Estropajear.—Mojar una pared con estropajo de soga ó estera deshecha ó muñeca de trapos para limpiarla ó alisarla.

Fábrica.—Obra-edificio. De mayor y menor (véase machos); en llave ó á juntas encontradas,

Forjado. Obra de carpinteria con claros ó telar; que se forja con yesones; es lo mismo que entramado.

Forjar. - Rellenar ó macizar con cascote los huecos de los entramados. Se dice de cualquiera clase de macizado que se haga, sea con ladrillos, cascote, yeso, mortero. Tambien se da este nombre al amasado.

Formaleta. Galápago.

Fraguar. Trabar. Tomar cuerpo la cal y el yeso, principio de endurecimiento.

Fratasar.—Fratesar. Pasar las fratas sobre el enlucido ó revoque para alisarle.

Froga. Fábrica de albañilería entre dos encadenados de sillería. Ladrillo delgado.

Frogar. Hacer fábrica de albañilería muy maciza.

Galápago.—Formaleta; cimbra pequeña para bovedillas de un techo; tambien se da este nombre á las de las tajeas y alcantarillas.

Garganta.—Parte de una chimenea comprendida entre la mesilla del hogar y el techo de la pieza.

Gatillo.—Pieza que asegura varios cuerpos.

Gradilla.—Marco, molde para dar forma al ladrillo.

Guarnecido.—Entablado; revestido con mezcla ó yeso sobre las fábricas.

Guarnicion.—En las chimeneas está formada por el telar de la boca, la mesilla de encima y el guarnecido de lieuzos y hogar.

Haz.—Paramento; cualquiera de las dos superficies que comprende un muro; se da el nombre de cara al paramento esterior.

Hendeduras.—Hendiduras; quebrajas; rendijas ó grietas que se hacen en una fábrica mal construida ó en estado ruinoso.

Herramientas.—Véase su descripcion, parte quinta.

Hijuelas.—Puntas de clavos que se clavan en las maderas de bovedillas ó en los sitios en que hay que abultar molduras, etc., para que agarre el yeso.

Hilada.—Hilera; carrera; mampuesta; capa ó línea de sillares, ladrillos ó piedras.

Hilera.—Parhilera; el madero mas alto de una armadura.

Historia.—Cajon; la fábrica de mampostería que se construye en un muro entre machon y machon.

Historiar.—Limpiar los paramentos y llenar las juntas y huecos de la mampostería ordinaria.

Hogar.—Suelo de la chimenea; la losa entre los lienzos.

Hormigon.—Argamasa; mezcla de mortero y piedra.

Hueso.—Fragmentos de cal mal calcinada; asentar á hueso, sin mortero ó muy poco.

Imposta.—Hilada voladiza en el arranque de un arco; faja horizontal de coronacion, etc.

Intrados.—Cara cóncava de una dovela, arco ó bóveda.

Jabalcon.—Madero ensamblado en uno vertical para apear otro horizontal ó inclinado.

Jaharro.—Harrado sajaharro; operacion de allanar con yeso ó mezcla una pared antes de enlucirla; suele tomarse como equivalente de enlucir.

Juntado.—La union perfecta de dos trozos de moldura corrida á terraja, hecha con hierros á mano.

Juntas.—Uniones laterales de los ladrillos ó piedras.

Ladrillo.—Piedra artificial de arcilla cocida (véase su descripcion, clases, etc., parte tercera).

Lechada.—Cal ó yeso desleido en agua, formando una pasta muy clara ó suelta.

Lengueta.—Tabiquillo de ladrillo en las chimeneas; las lengüetas costeras son los tabiques de los costados; delantera los de frente, traviesa el de la separacion de dos chimeneas.

Lima.—Hoya; el ángulo entrante del encuentro de dos armaduras de cubierta; lima tesa el saliente ó caballete inclinado.

Lienzo.—Fachada ó pared de un edificio que corre de un ángulo á otro, compuesta de vanos y macizos; las dos paredes laterales de una chimenea que forman su boca.

Lomo.—Canto del ladrillo ó baldosa; lado convexo de la teja.

Lunetas ó bocatejas.—Las últimas tejas que forman la boca de las canales de un tejado.

Luneto.—Bóveda que penetra en los costados de un cañon seguido para dar luz á un edificio; tímpano de una bóveda ó arista comprendido entre dos aristas.

Luz.—Ancho de un vano.

Llaga.—Junta que resulta entre dos ladrillos de una hilada.

Llave.—Piedra ó ladrillo para sujetar ó trabar á ciertos trechos una fábrica. En llave lo mismo que á soga y asta.

Macho.—Machon; pilar de fábrica que se levanta á trechos en las paredes de otra clase de material; de mayor y menor cuando tiene trozos mas ó menos anchos alternadamente; el pilar que recibe un arco; el encadenado de sillería que forma la cabeza de una pared de medianería y enlaza con las paredes de fachada de dos caras inmediatas; divisorio el que forma la cabeza de una pared de medianería y recibe los umbrales, dinteles, etc., de dos vanos de las dos caras inmediatas.

Macizo.—La parte de pared entre dos vanos.

Maestra.—Cinta de yeso ó de mezcla que se echa para marcar el grueso que ha de tener un guarnecido.

Maestrear.—Hacer las maestras.

Mampostería.—Fábrica de piedra irregular; se estiende este nombre á la fábrica de ladrillo.

Mampuesto.—Piedras con que se forma la mampostería.

Manifestar.—Descubrir las quiebras y recibirlas con yeso ó mezcla.

Manto.—La parte de chimenea dentro de una pieza; se compone de la boca, los dos lienzos, guarnicion, garganta y trashogar.

Medir huecos por macizos.—Pagar los vanos de una fábrica como los macizos.

MECHINALES.—Agujeros que se dejan en una pared para introducir los puentes de los andamios, ó para dar aslida á las aguas.

MESILLA.—Losa que se asienta al pié de la garganta de las chimeneas con guarnicion; losa de los antepechos; mesilla de escalera.

MOCHETA:—Cara inferior de un arco dintelado; caras de maderos de suelo, etc.

MOLINETE.—Caballete de pared de cerca.

MONTANTE.—Pieza de madera, piedra ó hierro que divide una ventana.

MONTEA.—Trazado ó dibujo del tamaño que ha de tener una obra, en el cual se hace la distribucion de dovelas é hiladas, etc.; altura desde el centro de un arco ó bóveda á la clave.

MONTEAR.—Trazar la montea.

NUDILLO.—Madero corto introducido y recibido en las paredes para asegurar y clavar las maderas, molduras y guarnecidos.

NORMAL.—Perpendicular.

NUDILLOS.—Maderos sobre los cuales se clavan los estremos, soleras ó tablones para levantar encima.

PANDEO.—Barriga; vientre; salidas que presenta un paramento mal construido ó que amenaza ruina.

PARALES.—Maderos inclinados que se apoyan por su estremo inferior en la pared y por el otro sostienen los puentes horizontales de un andamio.

PARED.—Las hay maestras ó principales. De medianería. De traviesa, de cimiento; testera. De *guarismo* en que se planta la barandilla de una escalera; apiñonada que son las testeras cuando el tejado es á dos aguas y termina en punta, etc.

PAREDON.—Pared gruesa.

PELLADA.—Porcion de yeso ó mezcla amasado que un peon puede cojer en la mano ó con la llana para alargarla al oficial.

PESCANTE.—Madero colocado de modo que sobresalga de la pared para colgar garruchas y subir materiales.

PICADURA.—Mellas que se hacen en una pared ó madero para que agarre la mezcla.

PIÉ DERECHO.—Madero vertical; de guion, el que sirve para guiar la direccion de las fábricas; de eleccion de puerta, en los entramados el que sirve de larguero á una puerta ó ventana.

PILA.—Cepa; macizo que sostiene dos arcos de bóveda, uno de cada lado; monton de ladrillos arreglados y colocados juntos.

PILAR.—Macizo de fábrica ó machon aislado de planta rectangular; cuando se sujeta á un órden de arquitectura es *Pilastra;* pilastron cuando es muy grueso ó pilar que forman varias reunidas.

PIQUETE.—Estaca pequeña para marcar cimientos ó replanteos; cunas, que se marca la cabeza para señalar líneas.

PLANTILLA.—Patron formado de una tabla, carton ó metal para cortar los ladrillos, sillares, etc., y se aplica de plano.

PROYECCION.—Representacion de un objeto en un plano.

PUCHADA.—Mezcla en que se suelen bañar las piedras al fabricar.

Puntal.—Apeo.

Rafas.—Machos de cascote y yeso que se ponen entre cajon y cajon de tierra en una tapia, cortados en figura curva por los lados.

Redoble, redoblon.—Faja de plomo estañado puesta delante de las canales maestras, ó debajo de la moldura redonda que suele hacerse en la parte superior de los edificios.

Rejal.—Monton de ladrillos puestos unos sobre otros de canto; pero dejando claros entre sí.

Recalzar.—Componer los cimientos de un edificio; tambien suele confundirse con calzar.

Recibir.—Asentar, asegurar ó mezclar.

Rehinchir.—Quitar los huecos que resultan en una pared pandeada; recorrer las juntas de las fábricas.

Releje.—Relex; escarpa.

Repellar.—Recargar las pelladas.

Replanteo.—Volver á señalar las líneas de planta sobre la superficie de los cimientos.

Retejar.—Trastejar; reparar un tejado.

Retranque, Borneo.—Posicion que se da á los cuerpos fuera de su escuadra.

Retundir.—Recorrer con cincel y martillo los paramentos de una pared de sillería para concluirla; tambien se indica por esta palabra el recorrido de las juntas de cualquiera clase de fábrica.

Revestido.—Entablado de madera ó piedra que cubre toda ó parte de la pared.

Revocar.—Enfoscar y enlucir las paredes por la parte esterior.

Ripia.—Tabla cortada toscamente; costeras de maderos.

Ripio.—Ripiazon; fragmentos, desperdicio de material.

Ristrel.—Liston de madera que se mueve y dirige en varias posiciones.

Robar.—Quitar la mezcla de la mampostería; robar las esquinas, achaflanándolas por un plano ó redondeándolas.

Roblon.—Lomo que forman las tejas en los tejados por la parte convexa.

Rosca.—Forma el grueso de una bóveda, ó el que tiene el arco fabricado de ladrillo alrededor de su curva.

Roza.—Canal que se hace en un muro picándole de arriba abajo; se llama ceja cuando es horizontal.

Rozar.—Quitar el pandeo de una pared.

Sacar cimientos.—Dar principio á la fundacion.

Sajita.—Montea ó altura de una bóveda.

Salmer.—Superficie inclinada de un machon que recibe un arco.

Sardinel.—Hiladas de ladrillo sentadas de canto.

Sencillo.—La primera de las dos carreras de teja con que se cubre un alero, y está inmediatamente asentado sobre la tabla de chilla.

Seno.—Espacio que resulta entre dos arcos que arrancan de una pila.

Sentimiento.—Movimiento ó señal con que una fábrica indica que sale de la plomada, amenaza ruina ó no está con la debida firmeza.

Sobrearco.—Arco que se construye sobre un dintel ó umbral para aliviar el peso que cargaria sobre ellos.

Sobrecejo.—El dintel ó el umbral.

Soga y tizon.—Mayor y menor; á lo largo y á lo ancho de la pared.

Solapar.—Colocar parte de una teja sobre parte de la inmediata inferior.

Solar.—Sentar un embaldosado; superficie de terreno sin edificar.

Soleria.—Suelo formado de baldosas.

Sopanda.—Madero horizontal, apeado por ambos estremos con tornapuntas ó jabalcones para asegurar otro que está sobre él.

Suelo.—Terreno sobre que se edifica, incluso la profundidad de cimientos; fábrica que separa ó forma los diferentes pisos; espacio entre el hogar y trashogar de una chimenea; fingido, el que se forma para aminorar la altura de una habitacion; holladero ó pavimento, superficie sobre la cual se camina y huella al andar; en esquina de pescado, el que se hace del ladrillo de canto, imitando la raspa de un pescado.

Tabique; tabicon.—Paredes poco gruesas para separaciones interiores. (Véase su descripcion, parte quinta).

Talud.—Escarpa, declivio.

Tapia.—Porcion de pared de tierra construida entre tapiales; la pared hecha de tapias; medida superficial de 50 pies; tapia acerada, la que se revoca con mezcla.

Tapial.—Molde ú horma para hacer los tapiales; cada uno de los tableros; la pared formada de tapias ó cajones de tierra,

Tejas.—Ensillada, la que forma cobija sentada lomo arriba; lomada, la que forma canal sentada por el lomo.

Tejado.—La cubierta de un edificio; se da este nombre aunque sea de pizarra, plomo, etc.

Tejar.—Cubrir de tejas; taller en donde se fabrica ladrillo, baldosa y tejas.

Torre cavada.—Rincon formado por dos paredes, cortado en forma curva.

Torta.—Porcion de yeso, mezcla ó barro amasado, que se gasta despues de darla en la mano y con la llana forma de torta chata y prolongada.

Tortada.—Capa hecha de tortas que se echa en la tapia para estenderla con la llana.

Trabazon.—Enlace entre los materiales, paredes, etc.

Tramo de suelo.—La parte entre dos carreras ó entre una carrera y la pared.

Trasdos.—Superficie esterior de un arco ó bóveda.

Trasdosar.—Trasdosear, reforzar una obra por la parte posterior.

Trashogar.—Testero de una chimenea donde se planta una piedra ó plancha de hierro colado, á la cual tambien se da el nombre de trashogar.

Tronco.—Salida fuera del tejado, comun á muchos cañones de chimenea.

Trompillon.—Dovela central de una bóveda esférica ó cónica.

Tronera.—Agujero que se abre en una pared para dar luz ó ventilar.

Tejaroz.—Lo mismo que alero.

Telar.—La parte de un vano de puerta ó de ventana que está desde el

alfeizar hasta el paramento esterior; el que se compone de cuatro ó mas maderos ensamblados, de entramados; chimeneas, etc.

TÉMPANO.—Cualquiera de las porciones que componen una bóveda en rincon ó por arista.—Trozos de yeson de los derribos.

TENDEL.—Capa de mortero ó yeso que se echa sobre una hilada de ladrillo para asentar la siguiente.—Cuerda que se atiranta para subir las hiladas.

TENDER DE LLANA.—Dar de llana.

TENDIDO DE TEJADO.—Los lados mayores.

TERRAJA.—Tarraja; chapa cortada con el perfil que ha de tener una moldura.

TIRAR CUERDAS.—Alinear por medio de cuerdas.

TIRO.—Cuerda que se pone en una garrucha, torno, etc., para subir materiales.

TOMIZA.—Cuerda ó soguilla de esparto.

TONGA-TONGADA.—Capa de mortero que se echa encima del material para unirle con otro.

TORNAPUNTA.—Madero ensamblado á otro horizontal, desde el cual va inclinado para apear otro tambien horizontal.

UMBRAL ó SOBRE-UMBRAL.—Madero sentado sobre las jambas ó largueros de un vano.

VACIADO.—Escavacion.

VACIO.—Vano.—Claro que se deja en una pared para puerta ó ventana; hueco que en las adarajas está entre dos dentellones.

VERDUGO.—Verduguillo.—Marlota.—Hilada horizontal de ladrillo, interpuesta entre los cajones de tapias ó de mamposteria ordinaria.

VOLTEAR.—Dar la forma de arco.

YESO.—Cemento.—Yeso romano.—Se distinguia antes por este nombre el cemento comun.

YESÓN.—Trozo de yeso que se saca de las fábricas que se derriban ó caen.

ZARPA.—Esceso de grueso que se dá á los cimientos respecto de las paredes que cargan sobre ellos.

ZULAQUE.—Betun de fontanero.

PESOS Y MEDIDAS.—MONEDAS CITADAS EN EL TEXTO.

LINEALES.

Metro equivale á..................	3,58892 piés.
Decímetro á......................	4,3067 pulgadas.
Centímetro á......................	5,1680 líneas.
El kilómetro equivale á............	1,000 metros.

SUPERFICIALES.

Metro cuadrado....................	12,88037961 piés cuadrados.
Decímetro cuadrado................	18,5477 pulgadas cuadradas.
Centímetro cuadrado..............	26,7087 líneas cuadradas.
Milímetro cuadrado................	2,67087 líneas cuadradas.

CUBICAS.

Metro cúbico ó kilólitro.............	43,2266 piés cúbicos.
Decímetro cúbico....................	79,8795 pulgadas cúbicas.
Centímetro cúbico..................	138,0320 líneas cúbicas.

LÍQUIDOS.

Litro	1,983512 cuartillos.

PESOS.

Kilógramo	2,173474 libras castellanas.
Hectógramo......................	3,4756 onzas.
Decágramo	5,56409 adarmes.
Gramo............................	20,031 granos.
Tonelada métrica..................	1000 kilógramos.
Quintal métrico....................	100 kilógramos.

ARIDOS.

Litro.............................	0,864849 cuartillos.
Hectólitro	1,79909 fanegas castellanas.

MONEDAS.

Franco	3,673 reales vellon.

FIN.

Lam. 1ª

1   1²   1³   1⁴   2   2⁽²⁾   3   3⁽²⁾   4   4⁽²⁾   5   5⁽²⁾   6   6⁽²⁾   7   7⁽²⁾   8   9   10   16   17

Lit. de Peant.

13 13 18 20 26 27

14 11 12 19 21 28 29

24 25 23 22 30 31 32 33 34 35

Lit. de Peant.

36 37 38 38(2) 39 39(2) 40 40(2) 41 41(2) 42 42(2) 47

45 43 43(2) 44 49 50 48 60

46 58 59 54 55 56 57

Lit. de Peant

51
52
80
73
78
64
65
80 ²
68
53
69
77
75
74
79
76
77 (2)
70
72
71
81
0.14
0.075
0.0027

Lit de Peant

79.(4)
79.(2)
82
83
61
62.
63.
85.
84.
79.(5)
79.(3)
85'.
87
91.(2)
88
89.
91.
90
67.
66

94.
95
96.
92
93
97.
98.
99.
100.
101
102
103
104.
105.
106
107.
108.
109.
110
111
112.
113.
114.
115
116.
117.
118.
119.
120.
121.
122
123.
124.
125
126
127
parte inferior

Lam. 7ª.

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

Lam. 8ª

Lam 9ª

162

164

163

166

180

172

167

165

174

173

181

169

168

170

171

175

176

179

177

178

182 183 184 185 186

187 190 193 194 195 210

188 191 196 197

189 192 198

199 200 201 203

204 206 211

205 207 214 216 212

208 213 215 217 218

209

251 252 253 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294

Lit. de Peant